VISIT…

Уважаемые коллеги, я имею удовольствие представить вашему вниманию великолепную работу. К сожалению, не оконченную. Несколько лет назад скачал ее с сайта Этноботаники. И все жду продолжние…

В. Якушенко

Глоссарий

А

АБСОРБЦИЯ(лат. absorptio - поглощение) поглощение вещества из раствора или смеси газов твердым телом или жидкостью; в отличие от адсорбции происходит во всем объеме поглотителя (абсорбента)
АНТАГОНИЗМ способность гриба сдерживать или делать невозможным рост другого организма с помощью выделения определенных веществ в растущем мицелии.

Б

БАЗИДИИ особые образования, расположенные на пластинках шампиньона, на которых образуются 2 споры (базидиоспоры). Поэтому шампиньон называют двуспоровым (Agaricus bisporus).
БУРТ куча компоста, укладываемая с помощью специального комбайна - перебивщика. Высота и ширина бурта около 2 м, а длина может быть 40 м и более. Бурт не должен быть чрезмерно плотным, иначе воздух не будет проникать внутрь и микроорганизмы будут недостаточно активны.

В

ВЛАЖНОСТЬ воздуха(относительная влажность) отношение упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, к упругости насыщенного пара при той же температуре; выражается в процентах.
ВЛАЖНОСТЬ субстрата(абсолютная влажность) количество воды в материале; выражается в процентах.
"ВОЛНА" массовое единовременное созревание грибов
Вегетативная стадия размножения разрастание мицелия в субстрате

Г

ГИМЕНИЙ спороносный слой, расположенный в нижней части шляпки гриба. Он распространяется по поверхности особых выступов, известных под названием гименофора. У пластинчатых грибов (шампиньонов) гименофор состоит из пластинок, которые называют гимениальными.
ГОБТИРОВКА (фр. gobtage)(или нанесение покровной смеси) засыпка субстрата, на котором растет мицелий гриба, тонким слоем покровного материала, где возникают зачатки плодовых тел. Применяется главным образом в культуре шампиньонов.
ГРЯДКА ШАМПИНЬОННАЯ масса субстрата, уложенная специальным образом для выращивания шампиньонов; может укладываться на полу, в ящиках, в мешках и т.д.
ГИФЫ МИЦЕЛИЯ(гр. hyphe - ткань, паутина) одноклеточные и многоклеточные нити, образующие вегетативные (мицелий) и плодовые тела грибов.
ГРИБНИЦА или мицелий, типичное тело гриба, которое состоит из переплетенных очень тонких, ветвящихся паутинистых нитей(гиф) и находится в субстрате.

ГИМЕНОФОР особые выступы ниже мякоти шляпочных грибов, на поверхности которых расположен спороносный слой (гименей)

И

ИНОКУЛЯЦИЯ (англ. Inoculum) внесение мицелия гриба в питательный субстрат.
ИНСЕКТИЦИДЫ(лат. insectum + caedre) химические средства борьбы с насекомыми.

К

КАМЕРА ВЫРАЩИВАНИЯ(лат. camera) помещение для выращивания шампиньонов. Существуют камеры, предназначенные для пастеризации компоста, для проращивания мицелия и т.п. В зависимости от числа камер, которые проходит субстрат в промежутке от посева мицелия до окончания сбора урожая, различают однозональную и многозональную системы выращивания шампиньонов.
pH (КИСЛОТНОСТЬ) свойство растворов и влажных субстратов, зависящее от количества водородных ионов в воде
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ обработка при подаче свежего воздуха
КОМПОСТ(нем. Kompost) смесь соломы, навоза или куриного помета, а также различных органических и минеральных добавок. Основная пища для грибницы шампиньона.

М

МИЦЕЛИЙ(лат mycelium) то же самое, что и грибница. Съедобные грибы растут в виде тонких нитей мицелия, а в пищу идут плодовые тела, которые вырастают из грибницы.

Н

НАБИВКА плотная укладка субстрата. Не нужно понимать это слово слишком буквально: например, при набивке компоста в ящики субстрат уплотняют под давлением всего 100 кг/м , т.е. слегка.

П

ПАСТЕРИЗАЦИЯ(по имени Луи Пастера) частичное обеззараживание путем нагревания до 60°С на некоторый срок.
ПЕСТИЦИДЫ(лат. pestis + caedre) общее название для химических средств уничтожения вредных организмов.
ПЕРЕБИВКА ворошение кучи субстрата во время компостирования, включающее перемещение внутренней части наружу, а верхней - вниз.
ПЛОДОВОЕ ТЕЛО шляпка и ножка гриба.
ПОКРОВНЫЙ СЛОЙ слой смеси из водоудерживающих материалов, наносимый на субстрат для стимулирования образования плодовых тел грибов.
ПОСЕВНОЙ МИЦЕЛИЙ стерилизованное зерно пшеницы, ржи или проса, инокулированное (привитое) проросшим из спор мицелием. Поставляется грибоводам в специальных пластиковых мешках или бутылках.
ПРИМОРДИИ(лат. primordium) зачатки плодовых тел грибов, вначале обычно округло-продолговатой формы, позже разделяющиеся на шляпку и ножку.

С

СПОРЫ репродуктивные клетки или "семена" грибов, бактерий и растений.
СТЕРИЛИЗАЦИЯ(лат. sterilis) обеззараживание, уничтожение всего живого.
СТРОМА плотное, похожее на подушку, образование мицелия, формирующееся на поверхности компоста или покровной смеси и указывающее на вегетативный, а не генеративный рост.
СУБСТРАТ(лат. substratum) материал, на котором растет грибница (мицелий): дерево, почва, компост, зерно ...

САПРОФИТЫ грибы, живущие на мертвом органическом веществе, в основном на разрушенных частях растений и питающиеся за счет разложения отмерших растительных остатков.

Ф

ФУНГИЦИДЫ(лат. fungus + caedre) химические средства, предназначенные для уничтожения грибов.
ФАЗА 1 начальная стадия компостирования, включающая в себя смешивание, увлажнение и переработку исходных сырьевых материалов в питательную среду для роста грибов.
ФАЗА 2 пастеризация и конечное кондиционирование грибного компоста.

Ч

ЧАСТНОЕ ПОКРЫВАЛО пленка, закрывающая нижнюю часть шляпки с пластинками у некоторых грибов (строфарии, опенка, шампиньона). Частное покрывало хорошо видно на молодых плодовых телах, в зрелости от него остается след - кольцо на ножке.

Ш

ШТАММ(нем. Stamm) то же, что сорт у растений или порода животных: линия микроорганизмов, например, грибов, отличающаяся особыми приметами и ценными свойствами.
ШАМПИНЬОН ДВУСПОРОВЫЙ(лат. Agaricus bisporus) один из немногих видов грибов, который удалось культивировать, более того, культивируемые шампиньоны полезнее, вкуснее и ароматнее дикорастущих шампиньонов. Шляпка у молодых грибов выпуклая, у зрелых - плоская до 15 см в диаметре. Края загнуты вниз. Кожица обычно белая, кремовая или коричневатая, тногда с мелкими чешуйками. У молодых грибов нижняя часть шляпки прикрыта нежной пленкой, скрывающей розовые пластинки, которые затем становятся темно-коричневыми с фиолетовым оттенком. Пленка же, надорвавшись, оставляет на ножке темное кольцо. Мякоть плотная, белая, при надрезе розовеет. Запах нежный, грибной.

В этом разделе мы приводим выдержки из книги "Размножение грибов, на примере вешенки и строфарии", предоставляемых нам влник-ом.

Введение

Грибы были объектом внимания человека с незапамятных времен. Однако многообразие грибов столь велико, что процесс их познания затянулся, до сих пор еще не завершен, и так как и прежде, их исследователей ждут многочисленные сюрпризы. В связи с этим вполне уместно вспомнить слова французского ботаника А. Вейана, сказанные им еще в 1727 г.: "Грибы - это изобретение дьявола, придуманное им для того, чтобы нарушать гармонию остальной природы, смущать и приводить в отчаяние исследователей-ботаников". Грибы - бесхлорофильные организмы, которые углерод для своего роста и развития получают из готового органического вещества. Эта огромная, насчитывающая почти 65000 видов группа по своему положению является промежуточной между растениями и животными. По наличию мочевины в обмене веществ, хитина в оболочке клеток, запасного продукта гликогена (а не крахмала) они приближаются к животным. С другой стороны, по способу питания путем всасывания (а не заглатывания) пищи, неограниченному росту, отсутствию большей частью подвижности, они напоминают растения. Не являются ли они тем пра-видом, из которого в процессе эволюции возникли две разошедшиеся в разные стороны по способу питания ветви растений и животных. А споры грибов - тем семенем, который переносится по вселенной, для распространения жизни. Прочность оболочки спор и их живучесть всем известна. Что еще может выжить в условиях замерзшего куска льда метеорита?

Клетка гриба состоит из клеточной оболочки (снаружи она часто бывает слизистым слоем-капсулой), ломасом, цитоплазмы с цитоплазматической мембраной, эндоплазматической сетью, митохондриями, рибосомами, диктиосомами и ядрами. Иногда в клетке грибов есть вакуоли и различные включения. Клеточная оболочка, осуществляющая у грибов многочисленные функции, в том числе активного

всасывания питательных веществ из субстрата, в качестве основных компонентов содержит хитин, полисахариды, в том числе глюканы, белки и жиры. В клеточной оболочке грибов имеются также пигменты (меланины, хиноны), сюда же входят различные ионы и соли. Электронно-микроскопическое изучение оболочек клеток грибов показывает, что они состоят из нескольких слоев фибриллярного строения. Эти фибриллы, представляющие собой белковые микротрубочки образуют скелет, который служит основой для остальных компонентов оболочки. Клеточная оболочка придает форму клеткам гиф и органам размножения. Отличительными признаками клеточной оболочки некоторых представителей низших грибов является отсутствие в ней хитина и наличия только целлюлозы. В цитоплазме, у цитоплазматической мембраны, у грибов расположены ломасомы - губковидные электронно-прозрачные структуры.

Цитоплазмы грибной клетки представляет собой жидкую коллоидную среду, в которой содержатся структурные белки, клеточные организмы и не связанные с ними ферменты, аминокислоты, углеводы, липиды и другие вещества. Вакуоли - структуры округлой, реже неправильной формы, которые выполняют функцию депо для отложения запасных веществ или же токсических продуктов метаболизма. В качестве резервных веществ, здесь запасаются в основном полифосфаты (метахроматин, волютин), гликоген, липиды.

Мембранная система представлена эндоплазматической сетью в виде разветвленных в цитоплазме и связанных между собой мембранных канальцев, цистерн и полостей, выполняющих функцию внутриклеточной и межклеточной транспортной сети для метаболитов.

Ядро округлой или удлиненной формы, окружено двойной мембраной, имеет ядрышко и хромосомы с ДНК. Количество ядер в грибной клетке и их размеры различны. Известны как одноядерные клетки, так и клетки, количество ядер, в которых достигает нескольких десятков; размеры ядер также колеблются от 2-3 мкм в диаметре до нескольких десятков микрометров. Для грибов, которым свойственна дикариотическая фаза в развитии. Характерно наличие двух ядер, спаренных в виде дикариона. Также грибам характерны все остальные органы животной клетки.

Вегетативное тело грибов состоит из гиф, имеющих вид цилиндрических трубок до 10 мкм в диаметре, они обладают верхушечным (апикальным) ростом и обильным ветвлением. Внутри, гифы выполнены протоплазмой; у высших грибов имеются поперечные перегородки и образуются они обычно на определенном расстоянии от конца гифы. Значительного разнообразия достигает строение клеточных перегородок, или сент, которые являются производными клеточной оболочки и образуются путем инвагинации (выпячивания) цитоплазматической мембраны внутрь клетки. Это свойственный всем грибам способ возникновения сент. Через них осуществляется связь с цитоплазмой соседних клеток, происходит перемещение питательных веществ, миграция некоторых клеточных органов. Для большинства базидиомицетов характерен долипоровый тип, имеющих сложное строение. Гифы высших грибов, сплетаясь между собой, образуют мицелий, у отдельных видов он создает подобие ткани.

Грибы размножаются вегетативным бесполым или половым способами. Вегетативное размножение осуществляется фрагментами мицелия, которые, отделяясь, дают начало новому мицелию. У дрожжевых грибов и представителей порядков Agaricales и Plectascales известно вегетативное размножение путем почкования мицелия или его клеток, в результате чего образуются отдельные клетки-иодии, дающие начало грибному организму. Для целого ряда грибов характерно вегетативное размножение путем распада на отдельные клетки-артроспоры.

При бесполом размножении споры гораздо более высоко специализированы по строению и способы размножения. Среди спор бесполого размножения грибов по способу образования выделяют споры эндогенные и экзогенные.

Половое размножение у грибов бывает различных типов. Сущность его заключается в том, что происходит слияние двух половых клеток (гамет) - мужской и женской - или двух вегетативных талломов, функционирующих как половые клетки, в результате возникает новообразование (зигота). Сливающиеся гаметы содержат только половинный набор хромосом. В зиготе число хромосом

соответственно удваивается. Гаметы являются структурами, которые находятся, имея половинный хромосом, в гаплоидной фазе, а зигота переходит уже в диплоидную фазу.

У высших грибов половой процесс протекает как слияние органов и клеток, не дифференцированных на гаметы. Образовавшаяся в результате слияния зигота (также не дифференцированная и обычно представляющая собой лишь соответствующее ядерное состояние) без периода покоя переходит к дальнейшему развитию; в ней формируются дикарионы ядер противоположных полов, которые потом попарно сливаются и претерпевают редукционное деление. Гаплоидные ядра, которые образовались в процессе редукционного деления, переходят в аскоспоры, образующиеся в сумках или в базидиоспоры, образующиеся на специальных клетках - базидиях - базидиомицетах экзогенно.

Грибы распространены повсеместно: их споры, обрывки мицелия, другие образования, встречаются на почве и в воздухе, на суше в воде. Они развиваются на всевозможных естественных субстратах растительного и животного происхождения, а также на искусственных материалах созданных человеком. В XX в. перед человечеством встала проблема увеличения естественных и искусственных источников белка, дефицит которого становится все ощутимее. В связи с этим возникла необходимость введения в культуру новых белоксодержащих организмов, среди которых одним из наиболее ценных являются съедобные грибы. Культивирование съедобных грибов позволяет предотвратить пищевые отравления, вызываемые потреблением дикорастущих грибов. Выращивать съедобные грибы можно круглый год вне зависимости от климатических и почвенных условий, на питательных субстратах, малопродуктивных для иных целей, например на разных не пищевых отходах; при этом субстрат обычно используется дважды: после сбора урожая грибов он становится ценным источников перегноя для садоводства и овощеводства. Повышение спроса на грибы на мировом рынке способствовало дальнейшему усовершенствованию методов их выращивания на основе глубокого изучения биологии культуры.

В наших исследованиях мы исследовали Вешенку обыкновенную. Она входит в сборную группу макромицеты (макро - крупные, мицеты - грибы). По строения вегетативного тела макромицеты принадлежат к высшим грибам. Их мицелий многолетний. Поселившись на определенном субстрате, он вырастает нередко на много метров в длину. По мере роста гифы ветвятся, переплетаются. В местах их соприкосновения возникают перемычки (анастомозы); эти перемычки объединяют гифы в единый организм, осуществляют связь между ними, передачу питательных веществ.

Дереворазрущающий мицелий Вешенки развивается в воздушный мицелий, похожий на пышные кусочки ваты.

Мицелий осуществляет все жизненноважные функции грибного организма - его питание, рост и развитие, размножение. По способу питания макромицеты, как и другие грибы, гетеротрофы, такт как лишены способности к фотосинтезу. Поэтому они живут только там, где уже имеется готовое органическое вещество, и добывают его из самых разнообразных источников.

Накопив достаточный запас питательных веществ, грибница становится способной к размножению. У макромицетов этот процесс связан с образованием грибного тела - той части грибного организма, которую мы обычно называем грибами, забывая или вовсе не зная о том, что это лишь органы размножения, возникающие на определенном этапе и предназначенные для развития спор и их защиты. Плодовые же тела разнообразны, располагаются, как правило, на поверхности субстрата - следовательно, их удобно рассматривать и изучать. Сложные плодовые тела макромицетов окружены грибной ложной тканью, или плектенхимы, которая состоит из более или менее плотного сплетения гиф.

Выше было сказано, что объектом исследования является Вешенка обыкновенная - Pleurotus ostreatus (Fr.) Kummer.

Видовое описание Вешенки обыкновенной.

Надцарство: Эукариоты - Eucaryota.
Царство: Грибы - Fungi.
Отдел: Настоящие грибы - Eumycota.
Класс: Базидиальные - Basidiomycetes.
Порядок: Агариковые - Agaricales.
Семейство: Трихоломовые - Tricholomtaceae.
Род: Вешенка - Pleurotus.
Вид: Вешенка обыкновенная - Pleurotus ostreatus.

- Шляпка 3-17 см., выпуклая или широковоронковидная, часто эксцентрическая, в начале темно-бурая, затем грязножелтовато-серая, гладкая.
- Мякоть хорошо развитая, белая, вначале мягкая, затем жестковатая, особенно в ножке, без особого запаха и вкуса.
- Пластинки нисходящие, белые, чистые, с перемычками.
- Ножка 1- 4 х 1-3 см., цилиндрическая, сплошная, волосисто-опушенная, белая или буроватая, иногда отсутствует.
- Споры 8 -12 х 3 - 4 мкм, вытянуты - эллипсоидальные или палочковидно-цилиндрические, гладкие, бесцветные.

Видовое описание строфарии кубенсис. Stropharia cubensis.

Надцарство: Эукариоты – Eucaryota. Царство: Грибы – Fungi. Отдел: Настоящие грибы – Eumycota.
Класс – Базидиомицеты.
Порядок – Агариковые или пластинчатые.
Семейство – Strophariasea.
Род – Строфария.
Вид - Stropharia cubensis Earle.

Возможные синонимы: Psilocybe cubensis (Earle) Singer, Psilocybe cubensis var. caerulescens (Murr.) Singer et Smit, Stropharia cuanensis Murr., Stropharia caerulescens (Pat) Sing., "Golden Tops", "Cubies", "San Isidros", "Hongos Kentesh".

Дополнение. Не следует путать строфарию с грибами из рода псилоцибов.
Род Псилоцибе – это самостоятельный род в общем семействе строфариевых.
Вид – Псил. Семиланцеата, Псил. Мексикана, и др. А например, Панеолус относится уже к Семейству Копринацеа (навозниковые), Роду Панеолус. Таким образом, правильнее называть Строфарию кубенсис именно строфария, а не псилоцибе. А произрастающую в умеренных широтах псилоцибе семиланцеата (полуланцетовидную) называть именно псилоцибе, как и псилоцибе мексикана по ряду признаков, таких как отсутствие вторичной оболочки на ножке у псилоцибов, откуда собственно и пошло название «строфария» - перевязь, и некоторых других отличий.

Местообитание: Повсеместно в субтропических регионах, неизвестен в тропиках (там встречается субкубенсис, отличающийся чуть меньшими размерами спор и плодов, но с таким же набором химических составляющих – вид Эквадор). Известен в Центральной Америке, юге США (во Флориде, в Штате Техас, и Север Джорджии), Кубе, Мексике, Гватемале, Южной Америке, Вьетнаму, Камбодже, Таиланде, Малайзии, Индии, и Австралии, Гондурасе. Растет преимущественно на коровьем навозе. Также на богатой почве, на пастбищах и лугах, по обочинам в навозных кучах. У нас выращивается искусственно в домашних условиях на субстрате культуры.

- Шляпка
  Размеры: (10-) 25-70 (-85) мм диаметр.
  Цвет: бледно - желтоватый, более темный в центре, в старости коричневатый.
  Форма: сначала конусообразная, затем в старости в форме колокола, в конце выпуклая (конец загнут вверх).
  Поверхность: грязная, гладкая. Мякоть прочная, беловатая, синеет при повреждении.

- Ножка
  Размеры: (40-) 70-120 (-170) мм длиной, (4-) 8-13 (-16) мм в диаметре.
  Форма: равномерно толстая, в основании сильнее, полая.
  Цвет: беловатый к сливочно - белому или желто - коричневому в старости, при повреждении голубеет, сухое, гладкое, белое кольцо (остатки Velum partiale), окрашенное темно коричневыми спорами. Синеет при повреждении.
- Спороносный слой
  Цвет: вначале - от серого до серо – фиолетового при созревании, иногда пятнистый с беловатыми краями.
  Расположение: от adnat до sinuat.
- Споры: Споры темно - коричневые, с фиолетовым налетом (пурпурно – коричневые), (12-) 13.2-15.4 (-17.6) x 7.7-9.9 (-11) x 7-8.8 микрон, от эллиптической до овальной формы, толстостенные.

Доза: 1 или 2 больших свежих гриба, весящих приблизительно 30 гр. или от 10 до 40 грибов, весящих по 1 грамму, это средняя доза, от трех до пяти грамм сухих, эквивалентно.

Грибы и растения имеют следующие сходства - поступление питательных веществ в клетку, основанное, главным образом, на явлениях осмоса (диффузии веществ через полупроницаемые перегородки поверхности клеток), не является чисто физическим, но является физиологическим явлением. При поступлении питательных веществ в клетку гриба, клетка играет роль активную, а не пассивную, так как проницаемость протоплазмы, от которой она зависит, является величиной переменной. Кроме того, существует избирательная проницаемость для определенных веществ и при том различная в разном состоянии клеток организма. Отсюда появляется возможность применения сходным образом некоторых стимуляторов, например гетероауксина и эпина для грибов.

Дикариотная грибница способна на неограниченный рост - вегетативное тело грибов состоит из гиф имеющих вид цилиндрических трубок до 10 мкм в диаметре, они характеризуются верхушечным (апикальным) и неограниченным ростом и обильным ветвлением.

Отсутствие большей частью подвижности в вегетативном состоянии у высших растений тканевое строение возникает при делении клеток во всех направлениях. А у грибов мицелий делится только с образованием поперечных направлений, т.е. только в одном направлении. Поэтому принято считать, что у грибов нет настоящих тканей, а есть лишь ложные ткани. В зависимости от морфологических особенностей у грибов различают два типа тканей: параплектенхиму и прозоплектенхиму.

Кроме морфологического понятия существует и физиологическое понятие ткани у грибов. С точки зрения функционального назначения различают покровные, механические и проводящие ткани. Из покровной ткани состоит поверхность склероциев и плодовых тел высших грибов. Клетки такой ткани имеют утолщенные оболочки, на поверхности откладывается пигмент, поглощающий лучи солнечного спектра, тем самым выполняющий защитную роль. Механическая ткань представлена гифами сильно утолщенными стенками и суженым просветом, которые придают прочность плодовому телу или какой-либо его части. Типичной проводящей ткани у грибов нет, его функции выполняют особые специализированные гифы лишенные поперечных перегородок. Эти гифы, пронизывая плодовое тело в разных направлениях, снабжают его водой. Для продвижения органических веществ имеются гифы, являющиеся ответвлениями обычных гиф. Они отличаются густым окрашенным содержимым.

Все перечисленное - т.е. функциональное сходство тканей высших растений и специализированных гиф грибов говорит об еще одном сходстве.

Вегетативное размножение - вегетативное размножение осуществляется фрагментами мицелия, которые, отделяясь, дают начало новому мицелию. У агариковых известно вегетативное размножение путем почкования мицелия или его клеток, в результате чего образуются отдельные клетки - оидии, дающие начало новому грибному организму.

Съедобные грибы характеризуются заметным количеством минеральных веществ, содержание которых у отдельных видов может достигать 11,5% (в среднем 7,7%). Плодовые тела грибов богаты калием, фосфором, в незначительных количествах содержится в них натрий и кальций, содержание железа у макромицетов приблизительно аналогично тем количествам его, которое обнаруживают в большинстве растительных продуктов.

Т.е. налицо сходство в химическом составе плодовых тел высших грибов и продуктов высших растений. А теперь еще раз более схематично о размножении грибов.

Размножение грибов

У макромицетов различают половое, бесполое и вегетативное размножение. Вегетативное размножение, в основе которого лежит способность организма к регенерации, может осуществляться при помощи частей мицелия. Способность грибов к вегетативному размножению широко используется при искусственном размножении культивируемых грибов, а также при пересевах чистых культур в лабораториях, производящих посевной мицелий.

Более специализированным считается способ, при котором мицелий распадается на отдельные клетки, которые впоследствии прорастают, образуя мицелий. К органам вегетативного размножения относятся оидии, хламидоспоры, которые, хотя и сравнительно редко, образуют некоторые виды высших грибов. Хламидоспоры - это толстостенные участки гиф, обособившиеся от мицелия и покрытые темной, плотной оболочкой. Они способны сохранять жизнеспособность от года до десяти лет. При наступлении благоприятных условий они прорастают в новый мицелий. Оидии - короткие цилиндрические тонкостенные участки гиф, образованные в результате полного распадения мицелия при влажных условиях. При прорастании дают начало новому мицелию.

Для многих макромицетов характерно и бесполое размножение. Оно осуществляется при помощи специализированных клеток или многоклеточных структур (спор), которые прорастают в мицелий.

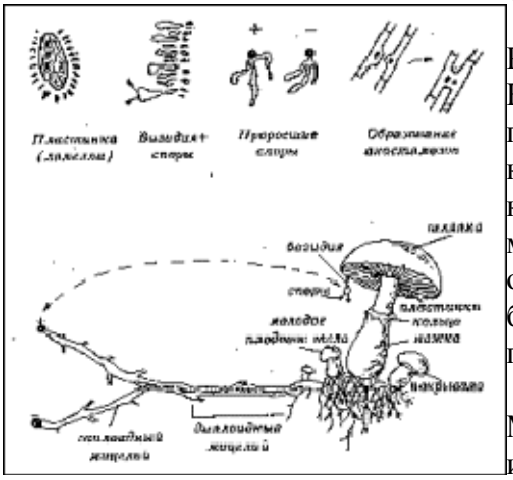


Рис. Жизненный цикл

Не останавливаясь на разнообразии форм полового размножения грибов, рассмотрим половой процесс у базидиальных грибов, который называется соматогамия. Он состоит в слиянии двух клеток вегетативного мицелия путем образования анастомозов между нитями мицелия или другим путем и образования дикариотического мицелия, на котором образуются базидии с базидиоспорами. Базидиоспоры гаплоидны, они дают начало гаплоидному мицелию, и все начинается сначала.

Мицелий высших грибов, являясь аэробным организмом, растет и развивается в естественных условиях вегетативным путем, избегая чрезмерно влажных и заболоченных мест. При определенных условиях внешней среды он достигает биологической зрелости и образует репродуктивные органы - плодовые тела. В них развиваются споры, которые служат для размножения и распространения вида в природе половым путем. При отсутствии условий для образования плодовых тел мицелий высших грибов продолжает расти и развиваться только вегетативным путем посредством удлинения и разветвления гиф, а у некоторых видов образуются оидиоспоры и хламидоспоры.

Цикл жизни гриба

Гаплоидные базидиоспоры - Haploid basidiospores прорастают в подходящей окружающей среде и превращаются в недолгий гаплоидный мицелий - haploid mycelia.

Гифы - hyphae от двух противоположных типов гаплоидного мицелия - haploid mycelia спариваются, сливая свои плазмы - plasmogamy.

Создавая дикариотный мицелий - dikaryotic mycelium, который растет быстрее, чем родительский гаплоидный мицелий - haploid mycelium, и, в конечном счете, заполняет собой все пространство. Мицелий - Mycellium гриба, иллюстрированный здесь (Cortinarius) формирует микоризу - mycorrhizae с деревьями. Факторы окружающей среды типа дождя, температурных изменений, и, для mycorrhizal разновидности, сезонные изменения в хозяине - растении играют огромную роль в жизни гриба.

Дикариотный мицелий - dikaryotic mycellium формирует компактные массы, которые развиваются в грибы. Цитоплазма - Cytoplasm, струящаяся в мицелии - mycellium и также, притекающая от микоризы - mycorrhizae, раздувает гифы - hyphae грибов, заставляя их "выскочить" внезапно. Не случайно, с арабского, грибы называются "футар" - вылезать наружу, прорезать, раскалывать, внезапно оказываться наруже, схоже с русским "утро" (грибы собирают рано утром).

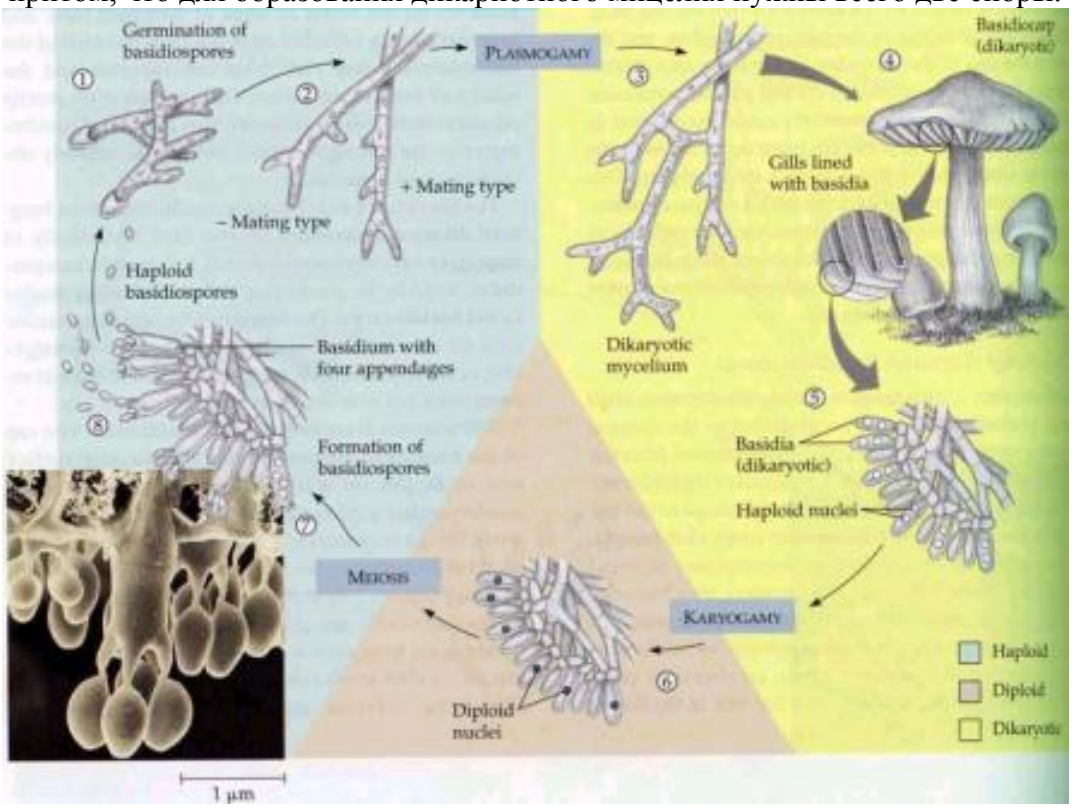
Дикариотный базидиомицет - Dikaryons basidiomycetes долговечен, вообще производя новый урожай - плодовое тело - basiocarps (грибы, в этом случае) каждый год.

Karyogamy - слияние клеток происходит в терминале дикариотной - dikaryotic ячейки, которые покрывают поверхности жабр.

Каждая ячейка раздувается, чтобы формировать диплоидный базидий - diploid basidium, который быстро подвергается мейозу - meiosis и образует четыре гаплоидных - haploid ядра.

Базидий - Basidium тогда выращивает четыре придатка, и одно гаплоидное - haploid ядро входит в каждый придаток и развивается в базидиоспору - basidiospore.

Когда созреют, базидиоспоры - basidiospores продвигаются слегка (электростатическими силами) в места между жабрами - пластинками шляпки. После того, как споры высыпаются из шляпки. Они рассеиваются ветром. Причем в шляпке гриба созревает от сотни миллионов до миллиарда спор. Это притом, что для образования дикариотного мицелия нужны всего две споры.



Эти биологические особенности высших грибов характерны и при культивировании в **искусственных условиях**.

Физиология высших грибов служила объектом изучения еще в прошлом веке, но более глубокие исследования начались в последние два-три десятилетия, когда было открыто, что некоторые плесени

обладают антибиотическими свойствами, а другие могут служить **источником ряда органических соединений** (Фостер, 1950).

Рост и развитие каждого отдельного организма находятся в прямой зависимости от типа питательного **субстрата**, в котором происходят сложные физиологические и биохимические процессы, их интенсивность определяется наследственными и потенциальными качествами самого организма и факторами внешней среды. К факторам, определяемым самим организмом, относятся **вид и штамм гриба**, происхождение, возраст культуры, количество посевного материала, способность к вегетативному размножению и, образованию биологически активных веществ, интенсивность дыхания и др.

При искусственном культивировании съедобных грибов кроме факторов, приобретенных организмом в процессе эволюции, необходимо учитывать и регулировать факторы внешней среды, влияющие на физиологические и биохимические процессы, происходящие в субстратах, на формирование плодовых тел, и урожайность культуры.

К важнейшим факторам, определяющим активность гетеротрофных организмов, следует отнести наличие в среде элементов питания, создание оптимальных условий температуры, влажности, света, реакции среды.

Питание грибов

Мицелий высших грибов использует для своего роста и развития готовые вещества растительного и животного происхождения. Многие высшие грибы находятся в симбиозе с корневой системой различных древесных и травянистых растений, в результате невозможно провести границу между паразитическим и сапрофитным способом питания. В зависимости от источника питания грибы можно разделить на монофаги и полифаги. Монофаги, являясь строго специализированными организмами, используют довольно ограниченный круг источников питания и живут в основном в симбиозе. Полифаги отличаются широким диапазоном используемых источников пищи. К ним относится большая часть гименомицетов.

В питании высших базидиальных грибов главную роль играют соединения, содержащие **углерод**, так как служат двум основным функциям в метаболизме этих гетеротрофных организмов: снабжают углеродом, необходимым для синтеза веществ живой клетки, и участвуют в процессах окисления, где являются единственным источником энергии (Шиврина, 19б9). Кроме того, соединения углерода являются составной частью запасных питательных веществ, необходимых для роста и развития мицелия грибов, а также ферментов, регулирующих процессы усвоения. При изучении углеродного питания установлено, что лучше всего грибы потребляют глюкозу, обладающую способностью расщепляться на более простые соединения с освобождением энергии уже при слабом окислении. Вследствие этого **глюкоза** является биологически самым важным и универсальным источником углеродного питания при искусственном культивировании шляпочных грибов. **Фруктоза** эквивалентна глюкозе для роста большинства высших съедобных базидиомицетов. Грибами охотно используется **ксилоза** - продукт гидролиза гемицеллюлозы. Все испытанные виды шампиньона двуспорового хорошо росли на средах, в состав которых входила ксилоза. **Крахмал** часто является лучшим, чем глюкоза, источником углеродного питания. Объясняется это наличием в крахмале примесей ростовых стимулирующих веществ. Кроме того, крахмал как труднорастворимое вещество медленнее накапливает кислоты в питательном растворе, чем при потреблении глюкозы (Bohus, 1961). **Мальтоза** - продукт расщепления крахмала - также хорошо усваивается грибницей шляпочных грибов. Установлено, что различные штаммы базидиальных грибов обладают избирательной способностью по отношению к источникам углеродного питания. При наличии в среде слабо используемого источника углерода и источника азота в форме иона аммония в клетке может накапливаться **избыток аммиака**, и происходит **отравление** клетки. В случае потребления грибами источника углерода, использование которого сопровождается образованием органических кислот, отравление не наступает вследствие связывания избытка аммиака этими кислотами. Углерод является источником энергии для аэробных организмов и вторым важным элементом клеточной протоплазмы. Кроме того, углеродсодержащие компоненты используются мицелием высших грибов в трех

направлениях: для образования клеток, запасных питательных веществ и выделения энергии, углекислого газа, воды и других продуктов обмена веществ (Russer, Spenser, 1958; Atkins, 1974). При наличии подходящего источника углерода для данного вида гриба физиологические процессы протекают нормально: образование клеточной структуры мицелия сопровождается выделением во внешнюю среду значительного количества органических кислот, ферментов, витаминов и т. д.

В составе клеточной стенки растений преобладают углеводы (92%), среди которых манноза составляет 86%, **глюкоза** - 6%.

В меде обнаружена фруктоза - 40%, **глюкоза** - 35%, небольшое количество сахарозы и мальтозы, мед также содержит до 2% минеральных солей и до 20% воды. В меде открыты следующие ферменты: инвертаза, диастаза, каталаза, **оксидаза** и протеолитические энзимы.

Среди найденных веществ выраженными антиоксидантными свойствами обладают витамин С, ферменты каталаза, пероксидаза и оксидаза глюкозы и феноловые соединения. По мнению исследователей, антиоксидантный эффект меда обусловлен в основном именно его феноловыми компонентами.

Наличие оксидазы подавляет рост зеленой плесени и никак не отражается на росте мицелия высших базидиомицетов. Свойства семи сортов меда были проанализированы с помощью специального теста, в ходе которого оценивалась способность связывать молекулы свободных радикалов. При этом ученые обнаружили, что темный мед оказывает самое сильное защитное воздействие.

Свободные радикалы кислорода являются естественным продуктом обмена веществ в организме, однако они вызывают повреждение клеток и нарушение строения ДНК. Антиоксиданты связывают эти опасные молекулы, предотвращая их вредное воздействие.

Формула глюкозы C6H12O6. Глюкоза - моносахарид, одна из восьми изомерных альдогексоз. Молярная масса 180 г/моль. Глюкоза в виде D-формы (декстроза, виноградный сахар) является самым распространённым углеводом. D-глюкоза (обычно её называют просто глюкозой) встречается в свободном виде и в виде олигосахаридов (тростниковый сахар, молочный сахар), полисахаридов (крахмал, гликоген, целлюлоза, декстран), гликозидов и других производных. В свободном виде D-глюкоза содержится в плодах, цветах и других органах растений, а также в животных тканях (в крови, мозгу и др.). D-глюкоза является важнейшим источником энергии в организмах животных и микроорганизмов. Как и другие моносахариды D-глюкоза образует *несколько* форм. Кристаллическая D-глюкоза получена в 2-х формах: *a-D-глюкоза* и *b-D-глюкоза*.

В особом виде глюкоза содержится почти во всех органах зелёных растений. Особенно её много в виноградном соке, поэтому глюкозу иногда называют виноградным сахаром. Мёд в основном состоит из смеси глюкозы с фруктозой.

Таблица наблюдений за ростом мицелия в разных средах (ВЕДУН).

Условия роста	Мед	Сахар	Крахмал
Рост мицелия на жидких средах (все растворы 5%, взбалтывание два раза в день, от высева спор до конца зарастания всех сред прошло 13 дней)	Быстрый рост по всему объему, в конце мицелий заполнил весь объем раствора и образовал сгустки, напоминающие мокрую вату	Не очень большая скорость роста, в конце мицелий плавал в растворе нежными хлопьями не по всему объему	В начале рост только в верхнем слое, к концу мицелий пророс вглубь раствора, скорость роста больше чем на сахаре и мицелия выросло больше
Инокуляция мицелием, выросшим на жидких средах субстрата - коричневый рис-вермикулит (на 200 мл 2 мл мицелия).	Самый быстрый рост, от инокуляции до полного зарастания прошло 13 дней	Самый медленный рост, от инокуляции до полного зарастания прошел 21 день	Быстрее чем на сахаре, но медленнее чем на меде, от инокуляции до полного зарастания прошло 20 дней

Наш опыт по казал, что наилучшей средой для приготовления "жидкого" мицелия является мед. Конечно на фруктозе лучше видны сгустки ватообразного мицелия, и ее легче взвешивать, при приготовлении раствора. Но в меде мицелий растет более уверенно и активно. Хотя при кипячении может выпадать осадок, который затрудняет идентификацию мицелия. 2% раствор подходит более для роста, чем 5%. Но в первом случае мицелий образуется более плотный, который труднее затягивать в шприц. Поэтому лучше использовать большую концентрацию, а также, можно втягивать затем мицелий шприцом со снятой иглой.

Азотистые соединения являются основой белков - важнейшей составной частью протоплазмы, они играют большую роль в обмене веществ у грибов. В отличие от некоторых бактерий грибы не в состоянии связывать атмосферный азот. Они могут принимать его только в форме неорганических солей или же органических азотных соединений. Самыми распространенными неорганическими источниками азота для грибов являются нитраты аммония. Исключение составляет шампиньон двуспоровый, который использует соединения аммония лишь в незначительной мере. А нитрат азота ядовит для многих видов. Органический азот поставляют аминокислоты, протеипептиды и т. д. Органическим соединением азота, благоприятным для большинства грибов, является **мочевина**, которая часто добавляется в качестве источника азота в питательные среды.

Используемые в питании грибов источники азота подразделяются на неорганические и органические соединения. К первым относятся нитраты и аммонийные соли. Установлено, что нитраты не могут использоваться мицелием высших грибов. Объясняется это недостатком каких-либо элементов, необходимых для восстановления нитратов. Аммонийные соли легко ассимилируются грибами и превосходят даже аминокислоты в этом отношении (Norkrans, 1950). Усвоение азота из аммонийных соединений регулируется концентрацией водородных ионов и другими компонентами среды.

Изучая азотное питание высших грибов, I. E. Styer (1930), Frechow (1944), G. Bohus, 1. Koronczy, S. Uzonyi (1961) нашли, что лучше всего они усваивают органические азотсодержащие вещества, включающие в себя в основном белки и продукты их гидролиза, в число которых входят пептоны и аминокислоты. Пептоны - продукты неполного ферментативного гидролиза белков; в их состав входят высоко- и низкомолекулярные пептиды и даже свободные аминокислоты. Кроме того, в состав пептидов входят ростовые вещества, вследствие чего они представляют значительный интерес как органические источники азотного питания для высших грибов. Из органических соединений высшие грибы хорошо усваивают аминокислоты, обладающие способностью к дезаминированию. Помимо этого, грибы, обладая аминоавтотрофным биосинтезом (т. е. все аминокислоты строятся ими самостоятельно), могут тем не менее перестраиваться на аминогетеротрофный биосинтез, обусловленный усвоением набора аминокислот или отдельных их представителей.

Кроме источников углерода и азота грибам необходимы многочисленные **минеральные элементы. Важнейшие среди них - фосфор, сера, калий, магний, микроэлементы.** Эти минеральные вещества усваиваются грибами в основном в виде солей. Так, например, фосфор усваивается грибами в виде органических фосфатов, фосфат-эфиров, а также в форме фосфорной кислоты (Stoller, 1954; Schisler, Sinden, .966).

В зависимости от источника углерода лучшими соединениями фосфора для роста грибов могут быть неорганические или органические его соединения. **Фосфор** принимает участие в углеводном обмене, а именно в процессах фосфолирования при дыхании и брожении. Усвоение фосфатов происходит лишь при наличии кислорода и усвояемых углеводородов. Однако усвоение фосфора некоторыми видами грибов, обладающими способностью окислять субстрат в анаэробных условиях, может протекать и без свободного кислорода. Фосфор необходим для ферментативного превращения глюкозы в спирт и углекислоту. Он входит в состав нуклеопротеидов, наличие которых можно установить в ядре и цитоплазме любой клетки. При недостаточном содержании фосфора в среде нарушается усвоение азота и замедляется синтез витаминов: тиамина, рибофлавина и никотиновой кислоты. Кроме того, недостаток фосфора может вызвать различные нарушения в процессах обмена и в первую очередь утилизации глюкозы. В организме грибов фосфор может переходить в так называемые макрознергетические соединения, являющиеся источниками большого количества потенциальной энергии.

Сера как составная часть аминокислот и витаминов тиамина и биотина, а также коэнзима А - необходима для грибов. Она усваивается в виде неорганических сульфатов, которые вводятся в клетку гриба в результате редукции. Усвояемость серы определяется степенью ее окисления и специфической структурой молекулы органических соединений, содержащих этот элемент. Соединения серы стимулируют протеолитическую активность. Сера играет большую роль в структуре клеток, так как является составной частью белков в виде серосодержащих аминокислот цистеина и метионина. Сера содержится также в витаминах тиамине и биотине, входит в состав коэнзима А, участвующего в обмене жирных кислот и липоидов. В грибах сера присутствует только в восстановленном виде, в форме производных сероводорода (H - S H). Сера необходима грибам в питательной среде в сотых или тысячных долях процента.

Роль **калия** менее выяснена. Однако установлено, что нехватка калия, вызывает торможение углеводородного обмена веществ, кроме того, при недостатке калия грибной мицелий интенсивно выделяет аммиак вследствие торможения процесса синтеза белков. Калий частично может быть заменен натрием и бериллием. Количество калия, необходимого для роста грибов, составляет от 40 до 150 мг/л питательной среды.

Кальций, как указывают некоторые исследователи, способствует развитию плодовых тел высших грибов. Он играет роль нейтрализатора органических кислот, которые многие грибы образуют очень интенсивно. Механизм действия кальция на обменные процессы грибов неизвестен, но предполагают, что он влияет на избирательную адсорбцию клеток, снижая их проницаемость. Может подавлять активность некоторых ферментов, например фосфатазы (Sadavison, 1952).

Магний представляет собой элемент, крайне необходимый для процессов окисления. Стойких органических соединений в мицелии грибов не образует. Оптимальные концентрации магния для роста грибов связаны с оптимальными концентрациями фосфора следующим образом: **на каждый ион магния необходимо 36 ионов фосфора**. Вероятно, это связано с ролью магния в активизации некоторых ферментов брожения и дыхания. Магний способен нейтрализовать действие ряда ядов, например сулемы и борной кислоты, образующихся вследствие антагонизма ионов (Лилли, Барнетт, 1953).

На рост и развитие высших грибов благоприятное воздействие оказывают микроэлементы, необходимые организмам в незначительных количествах, - от 0,3 до 0,02 мг/л. Отсутствие микроэлементов вызывает различные нарушения в развитии организма. При определенных концентрациях цинка, железа, марганца, меди, кальция и некоторых других микроэлементов наблюдается стимуляция образования и роста мицелия (Lindenberg, 1944; Perliman, 1949).

Исходя из сведений о роли различных микроэлементов в физиологии грибов, Сталлер (1956) предложил вводить в состав синтетических сред следующие **9 элементов: Mn, Fe, Al, Cr, Cu, Zn, B, Br, I**. Он провел опыты по выявлению токсичности каждого элемента при двух крайних концентрациях, однако существенного влияния на урожайность не обнаружил. Эффективность смеси этих элементов в соломенных компостах довольно высокая: они способствуют осаждению коллоидов. Есть данные, указывающие на то, что микроэлементы повышают устойчивость высших грибов к заболеванию.

Как большинству существ, грибам для развития и размножения необходимы витамины. Это составные части ферментов, управляющие в клетках важными жизненными процессами. Многочисленные грибы могут синтезировать витамины из простых питательных веществ, однако для некоторых видов грибов витамины должны поступать в готовом виде для усвоения. Важнейшими :для роста, развития и размножения грибов являются витамины B1, B6, B12, биотин, амид никотиновой кислоты. Высшие базидиальные грибы относятся к так называемым гетеротрофным организмам в отношении одного (или нескольких) витаминов из комплекса витаминов группы В. Чаще всего эти грибы нуждаются в одном факторе, а именно в витамине **B1** (Лилли, Барнетт, 1953; Беккер, 1963).

Сырье для культивирования вешенки и строфарии, используемое как основа субстрата

№	Источник сырья	Материал
1.	Лесоперерабатывающая промышленность	Древесина лиственных пород деревьев:тополь, ольха, береза, осина, липа, вяз и др.
1.1.	Лесопильни	
1.2.	Тарные заводы	
1.3.	Спичечные фабрики	
1.4.	Паркетные производства	
2.	Текстильная промышленность	Отходы переработки хлопка: очесы, орешек, угары, подметь и т.п. Костра льна
2.1.	Хлопкоперерабатывающие фабрики	
2.2.	Льноперерабатывающие фабрики	
3.	Бумажная переработка	Газетные отходы: бумажные обрезки, бумажная крошка Картон, картонная крошка
3.1.	Типографии	
3.2.	Картонные фабрики	
4.	Сельское хозяйство	Обрезь плодовых культур, винограда Солома зерновых культур: пшеница, рожь, овес, ячмень, просо Лузга подсолнечника, гречихи. Кукурузные кочерыжки, стебли. Стебли, листья технических культур, многолетних, однолетних трав
4.1.	Плодоводство	
4.2.	Растениеводство	
4.3.	Перерабатывающая промышленность	
5.	Парфюмерная, медицинская промышленность	Отходы экстракции эфирно-масличных культур
6.	Гидролизные производства	Отходы гидролиза древесной щепы, соломы, лузги и др. растительного сырья: целлолигнин
7.	Маслобойные производства	Лузга подсолнечника

Сырье для культивирования вешенки и строфарии, используемое как добавка в субстрат.

Источник сырья	Материал
Мукомольные производства	Отходы переработки зерна:отруби, полова, шелуха
Табачные фабрики	Отходы табака: стебли, пыль
Чайные фабрики	Отходы чая: стебли, пыль
Пивоваренные производства	Пивная дробина, солодовые ростки
Масложировые комбинаты	Жмых подсолнечника, льна, мука семян хлопчатника, мука семян сои
Кондитерские производства	Отходы како-бобов (какавелла), арахиса (шелуха), кунжута
Комбикормовые производства	Травяная мука, мука гороха, сено бобовых (клевер, люцерна)
Птицефабрики	Мука птичьего пера
Крахмальные производства	Белковая мука
Виноградарство	Выжимки винограда

Качественный субстрат для выращивания грибов должен удовлетворять основные потребности гриба в питательных веществах : белках жирах, углеводах, минеральных веществах (макро и микроэлементы). Поэтому знание химического состава субстратов необходимо для выбора наиболее продуктивного варианта.

Критерии выбора субстрата.

Критерии выбора	Характеристики
Производственные	Доступность, транспортировка, стоимость, хранение
Технологические	Однородность, технологичность
Биологические	Инфицированность, селективность
Физические	Структура, прочность, дисперсность, влажность, влагоемкость
Химические	Состав, соотношение C/N, pH, питательность
Микологические	Рост мицелия, урожайность (биологическая эффективность)
Экологические	Экологическая чистота (пестициды, тяжелые металлы, радионуклиды)

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Состав органических веществ растительных субстратов.

По определению органические соединения - это соединения, содержащие углерод. Помимо углерода почти все органические соединения содержат водород и кислород и в меньшем количестве азот, фосфор и серу (табл. 4).

Основную сухую массу растительных клеток составляют четыре типа органических соединений это ***углеводы***, ***липиды***, ***белки*** и ***нуклеиновые кислоты*** (табл. 5).

Углеводы - это соединения, содержащие углерод в сочетании с водородом и кислород. Углеводы самые распространенные в природе органические вещества. В растениях их содержание иногда доходит до 90% сухой массы. Углеводы включают несколько групп соединений моносахариды, олигосахариды и полисахариды (табл. 6). Моносахариды самые простые соединения и потребляются микроорганизмами в первую очередь. Олигосахариды состоят из двух или нескольких молекул моносахаридов и должны перед потреблением расщепляться ферментами на сахарные компоненты - моносахариды. Наиболее трудно доступными являются полисахариды растений. Для расщепления полисахаридов до моносахаридов у микроорганизмов выработались комплексы ферментов: одни из них разрыхляют полисахарид, другие отщепляют олигосахариды, третьи отщепляют моносахара. В растениях полисахариды защищены от биодеградации микроорганизмами путем экранирования молекулами фенольного полимера - лигнина. Лигнин составляет существенную часть растительных полисахаридов. В целом лигноцеллюлозный комплекс растений весьма устойчив к ферментативному расщеплению.

Жиры - важнейшие запасные вещества. Некоторые растения накапливают жиры (масла) в больших количествах, особенно в семенах и плодах. Растения содержат также воска, которые защищают ткани растении от потери влаги и часто затрудняют процесс увлажнения растительного сырья, например, соломы. При окислении жиров выделяется около 9,3 Ккал/г, а углеводов - всего 3,8 Ккал/г. Таким образом, жиры являются концентрированным источником энергии.

Белки, подобно полисахаридам, являются полимерами, состоящими из мономеров - аминокислот. У растений самая высокая концентрация белков обнаружена в семенах (более 40% сухой массы), вегетативные части содержат невысокий уровень белка (2 - 5%).

Нуклеиновые кислоты - это полимеры, состоящие из нуклеотидов пуринов и пиримидинов. Нуклеиновые кислоты участвуют в хранении генетической информации (ДНК) и переносе информации при синтезе белков (РНК).

Элементный состав органических соединений растений, % от сухой массы.

Элементы	Углерод С	Кислород О	Водород Н	Азот N	Фосфор Р	Сера S
Содержание	~44-50	~44	~6	1 - 4	0,1 -0,8	0,1

Основные классы органических соединений.

Органические соединения	Функции	Компоненты	Элементы
Углеводы	Источник энергии, структурный материал	Моносахара, сахарные кислоты, спирты	С, Н, О
Липиды	Запасание энергии, структурный материал	Жирные кислоты, глицерин	С, Н, О
Белки	Структурный материал, ферменты	Аминокислоты	С, Н, О, N, S
Нуклеиновые кислоты	Синтез белка	Нуклеотиды, фосфаты	С, Н, О, N, Р

Состав органических веществ растений.

Органические соединения	Компоненты	Ферменты, разрушающие органические вещества
Углеводы		
Моносахариды		
Сахара	Фруктоза, глюкоза	Поглощаются непосредственно
Кислоты	Галактуроновая кислота	
Спирты	Маннитол	
Олигосахариды		
Сахароза	Глюкоза + фруктоза	Глюкозидаза
Целлобиоза	Глюкоза + глюкоза	Целлобиаза
Полисахариды		
Крахмал	Глюкоза	Амилазы
Целлюлоза	Глюкоза	Целлюлазы
Пектин	Галактуроновая кислота	Пектиназы
	Ксилоза, арабиоза, галактоза	Ксиланазы,гемицеллюлазы

Гемицеллюлоза или пентозаны		
Лигнин	Фенольные соединения	Полифенолоксидазы(лакказа,пероксидаза и др
Жиры	Глицерин, жирныекислоты	Липазы
Белки	Аминокислоты	Протеиназы
Нуклеиновые кислоты	Нуклеотиды: пурины, пиримидины	Нуклеазы

Растительные субстраты существенно различаются по содержанию основных органических компонентов: углеводов, жиров, белков (табл.).

Вегетативные части растений - древесина, соломина, стебли, листья - содержат небольшое количество белка и жиров и высокий уровень нерастворимых, трудно разлагаемых полисахаридов: целлюлозы, гемицеллюпозы, а также полимера - лигнина. Вегетативные части растений обычно используют в качестве основы субстрата.

Генеративные части растений - плоды, семена - содержат много белка и жиров, высокий уровень легко доступных углеводов (крахмал, моносахара, дисахариды) и низкий уровень трудно доступных полимеров - целлюлозы, гемицеллюпозы и лигнина. Генеративные части используют в качестве питательных белково-жировых добавок.

Состав органических веществ растительных субстратов, % от сухой массы.

Субстрат	Белок	Общий азот, $N_{общ.}$	Жиры	Клетчатка (целлюлоза)
ВЕГЕТАТИВНАЯ ЧАСТЬ - *основа субстрата*				
Солома зерновых культур	3.5-4.0	0.5-0.6	1.2-1.5	30-40
Кукурузные кочерыжки	2.3	0.37	0.4	25-32
Лузга подсолнечника	4.4	0.7	3.5	23-30
Костра льна	3.4	0.5	2.0	26-35
Древесные опилки	1.3	0.2	0.25	45-55
ВЕГЕТАТИВНАЯ ЧАСТЬ - *питательные добавки*				
Сено клевера	12.5	2.0	2.1	27
Сено люцерны	14.8	2.4	2.0	29
ГЕНЕРАТИВНАЯ ЧАСТЬ -				

питательные добавки				
Отруби пшеницы	16.9	2.7	46	9.6
Пивная дробина	20.0	3.2	5.7	18.1
Мука семян люцерны	33.2	5.3	10.2	8.7
Мука семян сои	47.9	7.7	6.7	2.4

В растительном субстрате содержатся легко доступные органические вещества, такие как растворимые сахара, олигосахариды, крахмал. Эти соединения потребляются всеми микроорганизмами и, в первую очередь, конкурентными плесневыми грибами - Trichoderma, Penicillium, Aspergillus, Mucor и т.п. Такие грибы называют еще "сахарными" (Рис.).

Трудно доступные соединения в форме пописахаридов: целлюлозы, гемицеллюлозы, пектина утилизируют грибы, имеющие соответствующие комплексы гидролитических ферментов: целлюлаз, пектиназ, ксиланаз. Разрушая целлюлозу из лигноцеллюлозного комплекса, эти грибы оставляют нетронутым лигнин, что придает субстратам более темный, коричневый вид. Такие грибы вызывают "коричневую гниль" древесины. Это некоторые высшие грибы, а также такие конкурентные плесени как Trichoderma.

Грибы, разрушающие самый труднодоступный полимер растительного субстрата - лигнин, относятся к группе "белых гнилей". Эти грибы примерно в одинаковой степени утилизируют целлюлозу и лигнин. Субстрат после деструкции грибами - "белой гнили" приобретают светлый вид. К этой группе относятся многие съедобные культивируемые грибы: вешенка, шиитаке, фламмулина, строфария и др.

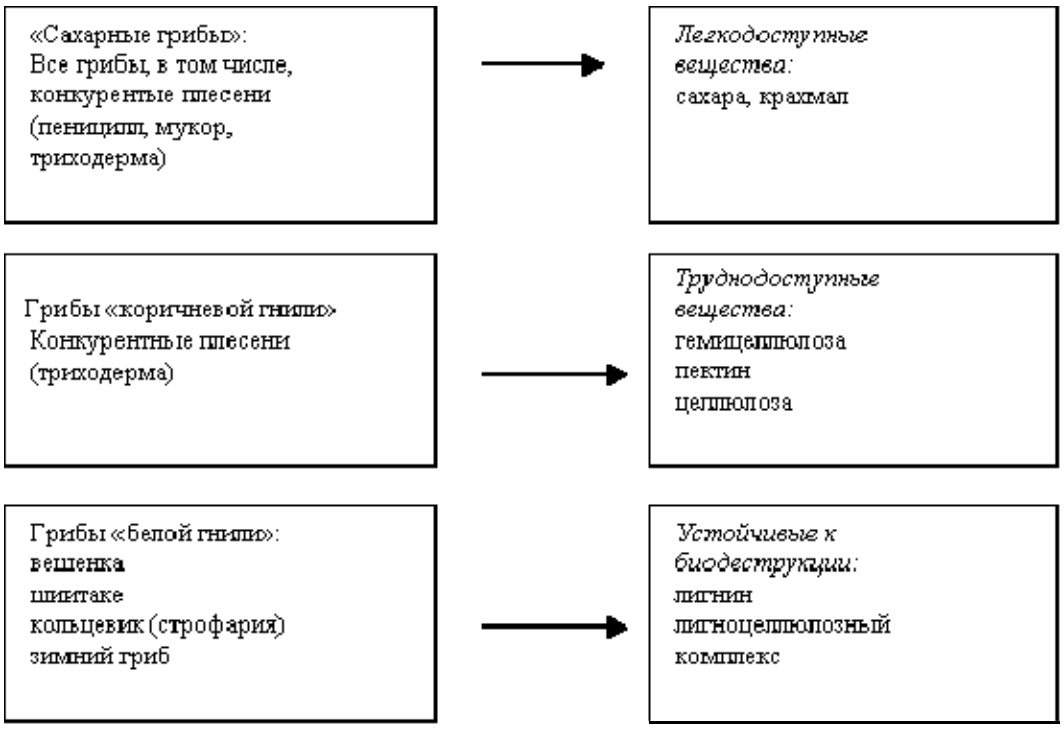


Рис. Органические вещества растительного субстрата и его потребители.

Состав лигноцеллюлозного комплекса субстратов.
Лигноцеллюлозный комплекс растительного субстрата состоит из трех основных компонентов: целлюлозы, гемицеллюлоэы и лигнина. Соотношение компонентов отличается в разных субстратах (табл.).

Легче всего деградации подвержена гемицеллюлоза, состоящая из таких мономеров как ксилоза (ксилан), арабиноза (арабан) и манноза (маннан). Комплекс специфичных для этого субстрата ферментов расщепляет полисахариды на олигомеры, а затем на мономеры-сахара. Целлюлоза состоит из мономера глюкозы и плотно упакована в микротрубочки, которые также расщепляются комплексом ферментов-целлюлаз: С1 - фементы разрыхляют микрофибриллы, Сх - ферменты образуют олигомеры, а глюкозидоза (целлобиаза) отщепляет моносахара. Наиболее устойчив к ферментативному разрушению лигнин, состоящий из различных фенольных мономеров, которые могут соединяться также различным образом. Деградация лигнина происходит под действием ферментов полифенолоксидаз: пероксидазы, лакказы, тирозиназы и других.

Табл. Состав лигноцеллюлозного комплекса растительного субстрата, %

Субстрат	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин
Древесина	35-55	20-30	20-30
Солома	30-40	20-30	6-20
Кукурузные кочерыжки	25-35	25-35	6-18
Лузга подсолнечника	23-30	18-25	20-30
Костра льна	26-35	18-22	25-33

Вешенка и строфария относятся к грибам "белой гнили", которые способны к деструкции, как целлюлозы, так и лигнина. Наибольшая активность лакказы грибов наблюдается на 6 - 8 сутки прорастания мицелия в субстрате, что соответствует окончанию фазы колонизации и началу фазы освоения субстрата (рис.). В это же время наблюдается и пик целлюлазной активности.

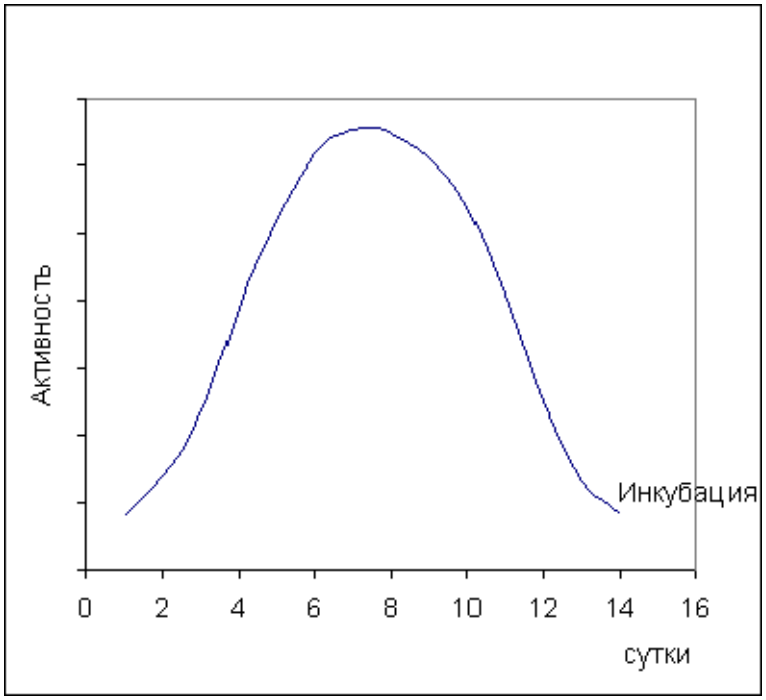


Рис. Активность лакказы и целлюлазы в соломистом субстрате.

Изменение состава лигноцеллюлозного комплекса субстратов в процессе культивации.

Вешенка является активным деструктором лигноцеллюлозного комплекса субстратов. В процессе ферментативного разрушения комплекса происходит биодеградация лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы. Степень разрушения этих компонентов зависит от типа субстрата, от вида и штамма гриба. В целом отмечается примерно одинаковая потеря массы целлюлозы и лигнина.

Степень деструкции лигноцеллюлозного комплекса зависит от длительности процесса культивации гриба и количества снимаемых волн плодоношения. **С каждой новой волной плодоношения питательность субстрата снижается, уменьшается его влагосодержание и происходит накопление самоингибиторов роста и плодоношения. Состав субстрата в процессе культивации существенно изменяется. Около 40 - 60% сухого вещества субстрата уходит с углекислым газом и "биологической водой", образующейся при гидролизе полисахаридов и "сгорании" сахаров в процессе дыхания. Около 10% сухой массы субстрата переходит в плодовые тела гриба, 30 - 50% первоначальной массы остается в виде отработанного субстрата. Отношение C/N меняется от 100/1 к 30-50/1.** Субстрат относительно обогащается неорганическими компонентами (зола), азотистыми веществами (аминокислоты) и различными продуктами жизнедеятельности гриба. Относительные пропорции лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы остаются в субстрате примерно такими же, как в начале культивации, хотя их абсолютное содержание снижается на 30 - 70%ю. Тем не менее, потенциал субстрата используется не полностью. **Если субстрат замочить в воде на ночь и таким образом вымыть ингибиторы плодоношения и повысить влагосодержание, можно получить еще дополнительно одну хорошую волну плодоношения, а иногда и две волны.**

Деструкция лигноцеллюлозного комплекса стеблей хлопчатника и соломы пшеницы вешенкой обыкновенной.

Субстрат		**Содержание, % от сухой массы**		
		Сухая масса	**Лигно-целлюлоза**	**Зола**
Стебли хлопчатника	А	42,5	56,4	7,3
	Б	28,9	52,5	11,9
Солома пшеницы	А	90,1	65,4	13,1
	Б	30,0	34,5	24,7

А - Исходное сырье

Б - Отработанный субстрат

Деструкция лигноцеллюлозного комплекса древесины (обрезь плодовых деревьев) вешенкой обыкновенной.

Компонент	Содержание, % от сухой массы			D (дельта)	Деструкция %
	Исходный субстрат	Полное обрастание	Отработанный субстрат		
Целлюлоза	48,7	38,7	32,5	16,2	33,3
Лигнин	32,8	27,7	20,1	12,7	38,7

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Состав органических веществ растительных субстратов.

По определению органические соединения - это соединения, содержащие углерод. Помимо углерода почти все органические соединения содержат водород и кислород и в меньшем количестве азот, фосфор и серу (табл. 4).

Основную сухую массу растительных клеток составляют четыре типа органических соединений это ***углеводы***, ***липиды***, ***белки*** и ***нуклеиновые кислоты*** (табл. 5).

Углеводы - это соединения, содержащие углерод в сочетании с водородом и кислород. Углеводы самые распространенные в природе органические вещества. В растениях их содержание иногда доходит до 90% сухой массы. Углеводы включают несколько групп соединений моносахариды, олигосахариды и полисахариды (табл. 6). Моносахариды самые простые соединения и потребляются микроорганизмами в первую очередь. Олигосахариды состоят из двух или нескольких молекул моносахаридов и должны перед потреблением расщепляться ферментами на сахарные компоненты - моносахариды. Наиболее трудно доступными являются полисахариды растений. Для расщепления полисахаридов до моносахаридов у микроорганизмов выработались комплексы ферментов: одни из них разрыхляют полисахарид, другие отщепляют олигосахариды, третьи отщепляют моносахара. В растениях полисахариды защищены от биодеградации микроорганизмами путем экранирования молекулами фенольного полимера - лигнина. Лигнин составляет существенную часть растительных полисахаридов. В целом лигноцеллюлозный комплекс растений весьма устойчив к ферментативному расщеплению.

Жиры - важнейшие запасные вещества. Некоторые растения накапливают жиры (масла) в больших количествах, особенно в семенах и плодах. Растения содержат также воска, которые защищают ткани растении от потери влаги и часто затрудняют процесс увлажнения растительного сырья, например, соломы. При окислении жиров выделяется около 9,3 Ккал/г, а углеводов - всего 3,8 Ккал/г. Таким образом, жиры являются концентрированным источником энергии.

Белки, подобно полисахаридам, являются полимерами, состоящими из мономеров - аминокислот. У растений самая высокая концентрация белков обнаружена в семенах (более 40% сухой массы), вегетативные части содержат невысокий уровень белка (2 - 5%).

Нуклеиновые кислоты - это полимеры, состоящие из нуклеотидов пуринов и пиримидинов. Нуклеиновые кислоты участвуют в хранении генетической информации (ДНК) и переносе информации при синтезе белков (РНК).

Элементный состав органических соединений растений, % от сухой массы.

Элементы	Углерод C	Кислород O	Водород H	Азот N	Фосфор P	Сера S
Содержание	~44-50	~44	~6	1 - 4	0,1 -0,8	0,1

Основные классы органических соединений.

Органические соединения	Функции	Компоненты	Элементы
Углеводы	Источник энергии, структурный материал	Моносахара, сахарные кислоты, спирты	C, H, O
Липиды	Запасание энергии, структурный материал	Жирные кислоты, глицерин	C, H, O
Белки	Структурный материал, ферменты	Аминокислоты	C, H, O, N, S
Нуклеиновые	Синтез белка	Нуклеотиды, фосфаты	C, H, O, N,

кислоты			Р

Состав органических веществ растений.

Органические соединения	Компоненты	Ферменты, разрушающие органические вещества
Углеводы		
Моносахариды		
Сахара	Фруктоза, глюкоза	Поглощаются непосредственно
Кислоты	Галактуроновая кислота	
Спирты	Маннитол	
Олигосахариды		
Сахароза	Глюкоза + фруктоза	Глюкозидаза
Целлобиоза	Глюкоза + глюкоза	Целлобиаза
Полисахариды		
Крахмал	Глюкоза	Амилазы
Целлюлоза	Глюкоза	Целлюлазы
Пектин	Галактуроновая кислота	Пектиназы
Гемицеллюлоза или пентозаны	Ксилоза, арабиоза, галактоза	Ксиланазы,гемицеллюлазы
Лигнин	Фенольные соединения	Полифенолоксидазы(лакказа,пероксидаза и др
Жиры	Глицерин, жирныекислоты	Липазы
Белки	Аминокислоты	Протеиназы
Нуклеиновые кислоты	Нуклеотиды: пурины, пиримидины	Нуклеазы

Растительные субстраты существенно различаются по содержанию основных органических компонентов: углеводов, жиров, белков (табл.).

Вегетативные части растений - древесина, соломина, стебли, листья - содержат небольшое количество белка и жиров и высокий уровень нерастворимых, трудно разлагаемых полисахаридов: целлюлозы, гемицеллюпозы, а также полимера - лигнина. Вегетативные части растений обычно используют в качестве основы субстрата.

Генеративные части растений - плоды, семена - содержат много белка и жиров, высокий уровень легко доступных углеводов (крахмал, моносахара, дисахариды) и низкий уровень трудно доступных

полимеров - целлюлозы, гемицеллюпозы и лигнина. Генеративные части используют в качестве питательных белково-жировых добавок.

Состав органических веществ растительных субстратов, % от сухой массы.

Субстрат	Белок	Общий азот, $N_{общ.}$	Жиры	Клетчатка (целлюлоза)
ВЕГЕТАТИВНАЯ ЧАСТЬ - *основа субстрата*				
Солома зерновых культур	3.5-4.0	0.5-0.6	1.2-1.5	30-40
Кукурузные кочерыжки	2.3	0.37	0.4	25-32
Лузга подсолнечника	4.4	0.7	3.5	23-30
Костра льна	3.4	0.5	2.0	26-35
Древесные опилки	1.3	0.2	0.25	45-55
ВЕГЕТАТИВНАЯ ЧАСТЬ - *питательные добавки*				
Сено клевера	12.5	2.0	2.1	27
Сено люцерны	14.8	2.4	2.0	29
ГЕНЕРАТИВНАЯ ЧАСТЬ - *питательные добавки*				
Отруби пшеницы	16.9	2.7	46	9.6
Пивная дробина	20.0	3.2	5.7	18.1
Мука семян люцерны	33.2	5.3	10.2	8.7
Мука семян сои	47.9	7.7	6.7	2.4

В растительном субстрате содержатся легко доступные органические вещества, такие как растворимые сахара, олигосахариды, крахмал. Эти соединения потребляются всеми микроорганизмами и, в первую очередь, конкурентными плесневыми грибами - Trichoderma, Penicillium, Aspergillus, Mucor и т.п. Такие грибы называют еще "сахарными" (Рис.).

Трудно доступные соединения в форме пописахаридов: целлюлозы, гемицеллюлозы, пектина утилизируют грибы, имеющие соответствующие комплексы гидролитических ферментов: целлюлаз, пектиназ, ксиланаз. Разрушая целлюлозу из лигноцеллюлозного комплекса, эти грибы оставляют нетронутым лигнин, что придает субстратам более темный, коричневый вид. Такие грибы вызывают "коричневую гниль" древесины. Это некоторые высшие грибы, а также такие конкурентные плесени как Trichoderma.

Грибы, разрушающие самый труднодоступный полимер растительного субстрата - лигнин, относятся к группе "белых гнилей". Эти грибы примерно в одинаковой степени утилизируют целлюлозу и лигнин. Субстрат после деструкции грибами - "белой гнили" приобретают светлый вид. К этой группе относятся многие съедобные культивируемые грибы: вешенка, шиитаке, фламмулина, строфария и др.

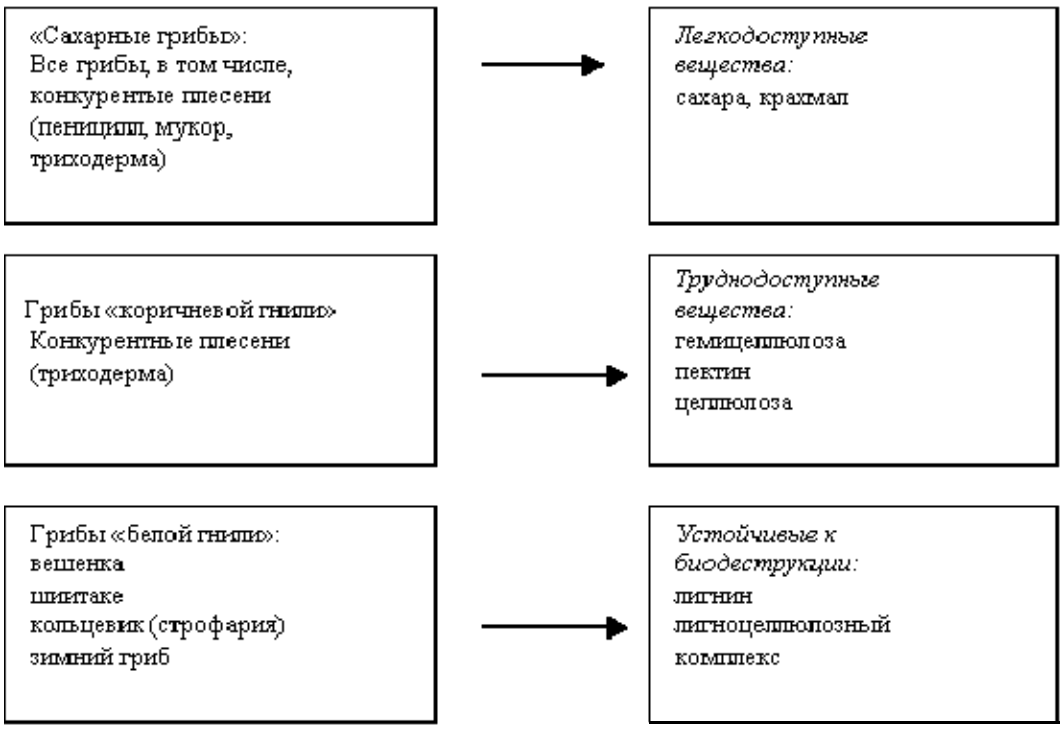


Рис. Органические вещества растительного субстрата и его потребители.

Состав лигноцеллюлозного комплекса субстратов.
Лигноцеллюлозный комплекс растительного субстрата состоит из трех основных компонентов: целлюлозы, гемицеллюлоэы и лигнина. Соотношение компонентов отличается в разных субстратах (табл.).

Легче всего деградации подвержена гемицеллюлоза, состоящая из таких мономеров как ксилоза (ксилан), арабиноза (арабан) и манноза (маннан). Комплекс специфичных для этого субстрата ферментов расщепляет полисахариды на олигомеры, а затем на мономеры-сахара. Целлюлоза состоит из мономера глюкозы и плотно упакована в микротрубочки, которые также расщепляются комплексом ферментов-целлюлаз: С1 - фементы разрыхляют микрофибриллы, Сх - ферменты образуют олигомеры, а глюкозидоза (целлобиаза) отщепляет моносахара. Наиболее устойчив к ферментативному разрушению лигнин, состоящий из различных фенольных мономеров, которые могут соединяться также различным образом. Деградация лигнина происходит под действием ферментов полифенолоксидаз: пероксидазы, лакказы, тирозиназы и других.

Табл. Состав лигноцеллюлозного комплекса растительного субстрата, %

Субстрат	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин
Древесина	35-55	20-30	20-30
Солома	30-40	20-30	6-20
Кукурузные кочерыжки	25-35	25-35	6-18
Лузга подсолнечника	23-30	18-25	20-30
Костра льна	26-35	18-22	25-33

Вешенка и строфария относятся к грибам "белой гнили", которые способны к деструкции, как целлюлозы, так и лигнина. Наибольшая активность лакказы грибов наблюдается на 6 - 8 сутки прорастания мицелия в субстрате, что соответствует окончанию фазы колонизации и началу фазы освоения субстрата (рис.). В это же время наблюдается и пик целлюлазной активности.

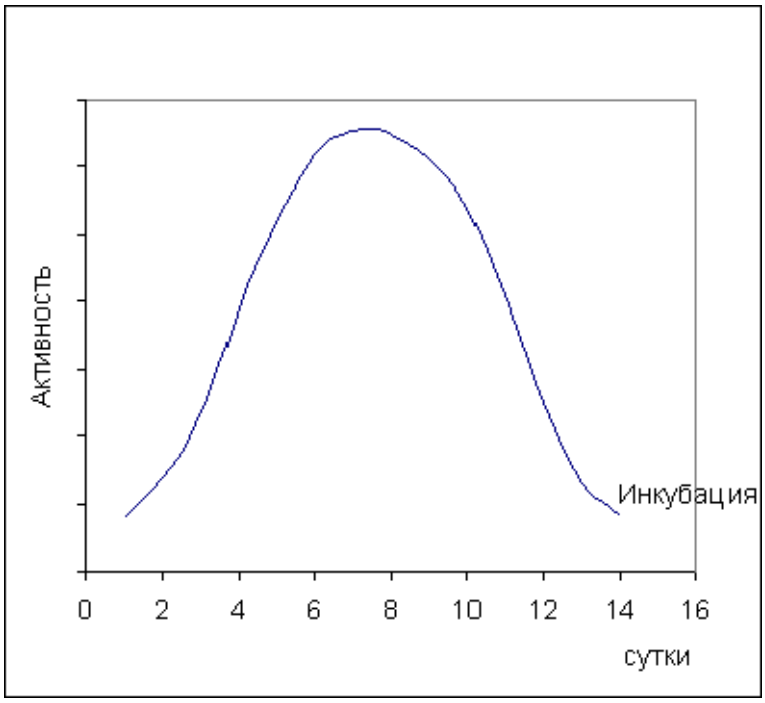


Рис. Активность лакказы и целлюлазы в соломистом субстрате.

Изменение состава лигноцеллюлозного комплекса субстратов в процессе культивации.

Вешенка является активным деструктором лигноцеллюлозного комплекса субстратов. В процессе ферментативного разрушения комплекса происходит биодеградация лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы. Степень разрушения этих компонентов зависит от типа субстрата, от вида и штамма гриба. В целом отмечается примерно одинаковая потеря массы целлюлозы и лигнина.

Степень деструкции лигноцеллюлозного комплекса зависит от длительности процесса культивации гриба и количества снимаемых волн плодоношения. **С каждой новой волной плодоношения питательность субстрата снижается, уменьшается его влагосодержание и происходит накопление самоингибиторов роста и плодоношения. Состав субстрата в процессе культивации существенно изменяется. Около 40 - 60% сухого вещества субстрата уходит с углекислым газом и "биологической водой", образующейся при гидролизе полисахаридов и "сгорании" сахаров в процессе дыхания. Около 10% сухой массы субстрата переходит в плодовые тела гриба, 30 - 50% первоначальной массы остается в виде отработанного субстрата. Отношение C/N меняется от 100/1 к 30-50/1.** Субстрат относительно обогащается неорганическими компонентами (зола), азотистыми веществами (аминокислоты) и различными продуктами жизнедеятельности гриба. Относительные пропорции лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы остаются в субстрате примерно такими же, как в начале культивации, хотя их абсолютное содержание снижается на 30 - 70%ю. Тем не менее, потенциал субстрата используется не полностью. **Если субстрат замочить в воде на ночь и таким образом вымыть ингибиторы плодоношения и повысить влагосодержание, можно получить еще дополнительно одну хорошую волну плодоношения, а иногда и две волны.**

Деструкция лигноцеллюлозного комплекса стеблей хлопчатника и соломы пшеницы вешенкой обыкновенной.

Субстрат		**Содержание, % от сухой массы**		
		Сухая масса	**Лигно-целлюлоза**	**Зола**

Стебли хлопчатника	А Б	42,5 28,9	56,4 52,5	7,3 11,9
Солома пшеницы	А Б	90,1 30,0	65,4 34,5	13,1 24,7

А - Исходное сырье

Б - Отработанный субстрат

Деструкция лигноцеллюлозного комплекса древесины (обрезь плодовых деревьев) вешенкой обыкновенной.

Компонент	Содержание, % от сухой массы			D (дельта)	Деструкция %
	Исходный субстрат	Полное обрастание	Отработанный субстрат		
Целлюлоза	48,7	38,7	32,5	16,2	33,3
Лигнин	32,8	27,7	20,1	12,7	38,7

В большинстве случаев субстрат для культивирования грибов содержит в достаточном количестве все основные макро- и микроэлементы, необходимые для развития мицелия и плодообразования. Рассмотренные выше минеральные добавки предназначены для создания следующих эффектов:

1) подщелачивания и усиления буферной емкости субстрата (по отношению к закислению);
2) улучшения структуры и состояния воды в субстрате (улучшается аэрация, связывается свободная вода).

[в связи с тем, что текст публикуется с некоторыми сокращениями, здесь была выпущена часть текста]

Улучшение структуры субстрата, повышение его аэрированности положительно сказывается на развитии мицелия. Гипс слабо изменяет pH среды, он не является щелочным агентом. Жженый гипс или алебастр связывает воду, снова превращаясь в гипс:

$$CaSO_4 . 1/2H_2O + 11/2H_2O \rightarrow CaSO_4 . 2H_2O$$

Некоторые грибоводы добавляют до 10% гипса от сухой массы субстрата, что позволяет сохранять оптимальную структуру в течение длительного периода культивации.

Реакция среды.

Важным фактором роста и развития базидиальных грибов является реакция питательной среды. Реакция внешней среды оказывает влияние на pH клеточного содержимого. Меняя pH питательной среды, Бьюнинг, пользуясь индикаторами, наблюдал изменение pH клеточного содержимого от 4,2 до 5,0.

Установлено, что pH клеточного сока плодовых тел шляпочных грибов колеблется в пределах 5,9 — 6,2. Большинство видов грибов предпочитают слабокислые среды. Процессы роста и спороношения могут иметь различные оптимумы pH. При развитии гриба pH среды меняется. Высшие грибы

хорошо развиваются при pH 6,0, однако пределы от верхней до нижней границы pH у различных видов отличаются друг от друга. Семейство строфариевых, например, в основе своей ксилофиты, растут на слабокислых почвах. В зависимости от источника углерода реакция в процессе роста гриба может сдвигаться в сторону подкисления или подщелачивания. Источники углерода, изменяя pH, играют определенную роль в образовании органических кислот. **От уровня pH** зависят поступление тех или иных питательных веществ в клетку, активность ферментов, образование грибами пигментов, **антибиотиков**, а также **полового и бесполого спороношений**. Значение оптимального pH для развития высших грибов определяется **соотношением в среде углерода и азота**. **Увеличение концентрации углеводов в среде при постоянном содержании азота** вызывает значительные отклонения в углеводном обмене грибов. В среде, в самом мицелии накапливаются различные продукты обмена, органические кислоты, жиры и др. **Рост и развитие мицелия при этом прекращаются**.

pH среды можно корректировать добавлением щелочи или мела, но, как правило, необходимо использовать буферную смесь, лучше в виде фосфатного буфера (фосфат калия).

[в связи с тем, что текст публикуется с некоторыми сокращениями, здесь была выпущена таблица (Кислотность субстратов после добавления извести) и часть текста о благоприятном pH , касающийся конкретных видов – строфарий и вешенки]

Показано, что интенсивный биосинтез ПСБ коррелирует с фазой активного роста мицелия при кислом pH среды (Catalfomo Ty1er, 1964).

Такое же действие оказала покрывная смесь. Земля черного цвета с pH 5,75 (крупнозернистый чернозем г. Богородск) давала более быстрое и более обильное плодоношение, чем покрывающая земля коричневого цвета Питерского происхождения с pH 6,6.

Имеются отдельные исследования по влиянию различных источников углерода, азота (Leung, Paul, 1969; Scurti et al., 1972) и фосфора (Neal et al., 1968) на рост и продукцию ПСБ в культурах ряда видов агариковых, однако обобщающие заключения сделать в настоящее время трудно, так как оптимальные условия культивирования, повидимому, индивидуальны для каждого вида. Так, синтетическая среда, предложенная Катальфоно и Тайлером, дала положительный эффект для культур P. cubensis и Panaeolus subbalteatus, но не благоприятствовала выработке ПСБ культурами Psilocybe cyanescens и P. pelliculosa (Catalfomo, Ty1er, 1964; Scutri et al., 1972). Попытки увеличить биосинтез IICB в культуре P. cubensis добавками в питательную среду триптофана не увенчались успехом (Catalfomo, Tyler, 1964).

Выработка ПСБ в основном зависит от вида и штамма гриба. Установлено, что плодоношению способствует высокая влажность воздуха — 95%, (Heim et al, 1958), хорошая аэрация (Heim, Wasson, 1958) и воздействие света, особенно коротковолнового диапазона вцдимой области спектра (Heim et al., 1958; Badham, 1980).

Применение

Минеральные добавки могут нести споры конкурентных микроорганизмов, поэтому их необходимо **подвергать такой же тепловой обработке, как субстрат**.

Минеральные добавки надо равномерно распределять по всему субстрату путем тщательного перемешивания.

Известь добавляют в виде маточного "раствора" (болтушки).

В зависимости от состава субстрата минеральные добавки могут давать хороший результат, либо не оказывать положительного действия.

Хранить минеральные добавки надо в сухом, чистом помещении с надлежащими санитарными условиями.

ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ СУБСТРАТОВ.

Основные принципы.

Композиция субстрата должна удовлетворять химическим, физическим и биологическим потребностям грибов.

Химический состав обеспечивает необходимыми питательными веществами: органическими и неорганическими.

Физические свойства - обеспечивают нормальные условия развития мицелия: аэрацию, влажность.

Биологические свойства - создают необходимую селективность субстрата и развитие полезной микрофлоры.

Для составления субстратной композиции необходимо хорошо знать свойства исходных компонентов. Вариантов субстратных смесей очень много. Они разрабатываются в зависимости от местных условий, от имеющихся в распоряжении растительных отходов, от технологии подготовки субстрата и культивирования. Рассмотрим следующие основные варианты композиций:

Одноосновная: субстрат состоит только из основы, например, соломы или лузги подсолнечника;

Двухосновная: субстрат состоит из двух основных компонентов, например, солома + лузга подсолнечника;

Многокомпонентная:
а) солома - основа;
б) отруби пшеницы - питательная добавка;
в) мел (мел + гипс) - минеральная добавка;
Расширенная:
а) основа;
б) питательная добавка;
в) минеральная добавка;
г) защитная добавка (фундазол*, димилин**).

** Фундазол - это фунгицид, эффективно подавляющий развитие конкурентных плесеней.*
*** Димилин - это регулятор роста насекомых, ингибирующий синтез хитина и, соответственно, линьку личинок. Эффективен против личинок грибных мух и комариков.*

Но лучше стараться обходиться без химических реагентов.

Субстратные композиции.

Примеры двухосновных, многокомпонентных композиций, расширенной композиции; пропись трехкомпонентной композиции субстрата на основе растительных отходов растениеводства и составление композиции субстрата, основанное на задаче улучшения физических и химических свойств даны в таблицах ниже.

Костра льна обладает хорошей аэрацией (структура), но плохой влагоемкостью. Бумага имеет хорошую влагоемкость, но очень плохую структуру (слипается в массу, аэрация недостаточная). Какавелла имеет хорошую питательность. Мел или известь смещают pH субстрата в нужную слабощелочную зону 7,0-8,0. В целом вся композиция субстрата имеет хорошие показатели по основным параметрам. Вместо бумаги можно использовать хлопковые очесы. (Для биологической

защиты в субстрат еще можно добавить фундазол (50 ppm) и димилин (25 ppm) – (прим., мы не советуем это делать. В небольших лабораторных производствах можно добавлять гентамицин или 3% перекись водорода во время тепловой обработки субстрата, которая полностью разлагается на безвредные воду и кислород. Хотя данный способ нарушает селективность среды, что нежелательно и неестественно для природы).

Двухосновные композиции субстрата.

Компоненты субстрата	**Соотношение компонентов, части**
Солома Лузга подсолнечника	1 1
Солома Кукурузные кочерыжки	1 1
Солома Кукурузные кочерыжки	2 1
Хлопковые очесы Лузга подсолнечника	2 1

Многокомпонентные композиции субстрата, в % от массы субстрата.

Основа	**Питательная добавка**	**Минеральная добавка**
Солома 45 кочерыжки	Отруби пшеницы 5 – 10	Гипс/мел (4:1) 2 – 5
Лузга Подсолнечника 90	Соевая мука 3 – 5	гипс 2 – 5 или мел 1 – 3
Опилки 30 Шелуха гречихи 60	Отруби 10 или Пивная дробина 10	-
Солома 85	Травяная мука10 – 15	мел 1 – 3
Опилки 45 Щепа 45	Отруби 10	мел 1 – 3 или известь 0,2 – 0,5
Хлопковые очесы 85	Какавелла 5	-
Костра льна 60 –68 Бумага 10-20	Какавелла 10 - 20	мел 1 -3
Костра льна 60 Бумага 20	Отруби 20	-
Хлопковые очесы 55 Лузга подсолнечника 20 Отходы спичек 10 Костра льна 10	Какавелла 5 или известь 0,2 – 0,5	мел 1 - 2

Расширенная композиция субстрата.

Компоненты	Характеристика
Основа	Солома (пшеница) 40% + лузга подсолнечника 40%
Питательная добавка	Соевая мука 3-5%, люцерна (травяная мука) 5-10%
Минеральная добавка	Известь + гипс = 50/50 = 2,5% по сух. массе субстрата
Защитная добавка	Фунгициды – бенлат (100ppm) Регуляторы роста насекомых – димилин (25ppm)
Субстратная смесь	Влажность – 70% Общий азот – 4%
Обработка	Пастеризация 75-80оС = 8-10 часов

Композиция субстрата для культивирования вешенки (Stamets, 1993).

Компоненты	Состав	Содержание, %
Основа	Солома зерновых культур Кочерыжки кукурузы Лузга подсолнечника и т.п.	85-90
Питательная добавка	Отруби пшеницы, риса и т.п. Соевая мука Травяная мука	5-10 2-3 5-10
Минеральная добавка	Гипс + мел (4/1)	2-5

Подбор композиции субстрата.

Компоненты	Физические свойства		Химические свойства	
	Структура	Влагоемкость	Питательность	pH
Костра льна	+	++	+	5,0
Бумага	+	+	-	5,0
Какавелла	+++	++	+ + +	5,0
Мел (известь)	-	-	-	7,0-8,0
Композицияцеликом	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +

Показатели эффективности использования субстратов.

Вешенка - один из самых продуктивных видов культивируемых грибов. Даже на относительно бедных субстратах получают весьма высокий урожаи грибов. Виды и штаммы вешенки различаются по способности конверсии субстрата в плодовые тела. Современные гибридные сорта вешенки

обладают высокой продуктивностью и коротким циклом развития. Для оценки продуктивности вешенки используют несколько показателей.
Биологическая эффективность (БЭ%) - определяется отношением сырого веса плодовых тел к сухой массе субстрата

$$БЭ\% = \frac{М\ пл.тела}{М\ сух.суб.} \times 100\%$$

100% БЭ означает, что с 1кг сухого субстрата получают 1кг сырых грибов. Если субстрат имеет влажность 75%, то масса сырого субстрата составит 4 кг и выход грибов, соответственно, 25% от массы субстрата. Такой показатель называют продуктивностью (П%).

$$П\% = \frac{М\ пл.тела}{М\ влаж.суб.} \times 100\%$$

Этот показатель менее корректен, чем БЭ, так как субстрат может сильно различаться по влажности (65-80%). Иногда используют показатель - коэффициент конверсии (КК%) или выраженное в процентах отношение сухой массы грибов к сухой массе субстрата.

$$КК\% = \frac{М\ сух.пл.тела}{М\ сух.суб.} \times 100\%$$

Этот показатель используют преимущественно в научных исследованиях. Биологическая эффективность вешенки на различных субстратах колеблется от 30-50 до 150-200%. И это еще не предел. На хорошо сбалансированном субстрате возможен урожай до 300% БЭ. Однако этот результат можно получить только при использовании стерильной технологии. Для нестерильных технологий хорошим результатом считается БЭ на уровне 80-100%, а для природной экстенсивной технологии 40-60%.

ПЛАНИРОВАНИЕ УРОЖАЯ

Вынос элементов питания с урожаем.

В процессе выращивания вешенки происходит деструкция растительного субстрата. Около 40% сухой массы субстрата выносится с углекислым газом, 20% превращается в биологическую воду, 30% остается как отработанный субстрат и около 10% сухой массы субстрата выносится с урожаем плодовых тел вешенки (табл. 50). Зная химический состав исходного субстрата и отработанного субстрата можно определить вынос отдельных элементов питания с урожаем вешенки (табл.).

С другой стороны, зная состав субстрата и химический состав плодовых тел вешенки, можно также определить вынос отдельных элементов питания с урожаем (при определенной биологической эффективности) - табл.

Если учитывать питательные элементы, привнесенные в субстрат с зерновым мицелием, то картина несколько изменится. В большинстве случаев для формирования хорошего урожая содержания макро- и микроэлементов в субстрате вполне хватает. Тем не менее, грибы содержат достаточно высокий уровень азота и фосфора, поэтому на количество этих элементов в субстрате надо обращать особое внимание. В некоторых ситуациях может сложиться дефицит по ряду микроэлементов. Отдельные микроэлементы играют особую роль в активации ферментов, разрушающих лигноцеллюлозный комплекс (Mn, Zn) и их добавляют в микроколичествах к субстрату, например $MnCl_2$ (Heltay, 1991).

Деструкция растительного субстрата при культивировании вешенки.

Компоненты	Углекислыйгаз	Биологическая вода	Отработанный субстрат	Плодовое тело вешенки
% от массы сухого вещества	40	20	30	10

Таблица
Вынос элементов питания из соломистого субстрата при БЭ -100%.

	Масса, г на 1 кг сухой массы субстрата					
	Nобщ.	Зола	P	K	Ca	Mg
Исходный субстрат	6,0	63	1,6	10	2,6	0,5
Отработанный субстрат	2,3	52	0,32	3,3	0,88	0,30
Вынос элементов	3,7	11	1,28	6,7	1,72	0,2
% выноса	62	17	80	67	66	40

Вынос элементов питания из соломистого субстрата с урожаем вешенки (БЭ = 100%).

Вариант	Масса, г				
	Nобщ.	P	K	Ca	Mg
Исходный субстрат*	6	1,6	10	2,6	0,5
Вешенка**	3,6	1,3	0,3	0,3	0,2
Вынос элементов с урожаем, %	60	81	3	11	40
Инокулированный субстрат***	9	2,5	10,4	2,7	0,8
Вынос элементов с урожаем, %	40	52	3	11	25

** - содержание элементов питания в расчете на 1 кг сухой соломы;*
*** - содержание элементов питания в 1 кг сырых грибов вешенки;*
**** - содержание элементов питания в субстрате, инокулированном 5% посевного зернового мицелия в расчете на 1 кг сухой массы.*

Планирование урожая.

Вешенка - очень пластичный вид, хорошо приспособленный к росту на широком спектре лигноцеллюлозных субстратов. Урожайность вешенки на отдельных видах субстрата варьирует в широком диапазоне и зависит от многих факторов физических свойств субстрата, химического состава, качества обработки субстрата, качества мицелия, сорта и вида гриба, климатических условий в период выращивания.

Тем не менее, можно и нужно планировать урожай вешенки, опираясь на данные химического состава сырья и питательных добавок и составляя продуктивные композиции субстрата. Увеличение урожая за счет применения питательных добавок возможно только при **строгом санитарно-гигиеническом режиме** или включении в композицию субстрата защитной добавки (фундазол).

Если вести расчет урожая с 1 кг сухого вещества субстрата, то на каждый 0,1% общего азота мы можем рассчитывать получить 100-125 г сырых плодовых тел. Поэтому для достижения урожая в 100% БЭ субстрат должен содержать 0,8-1,0% общего азота.

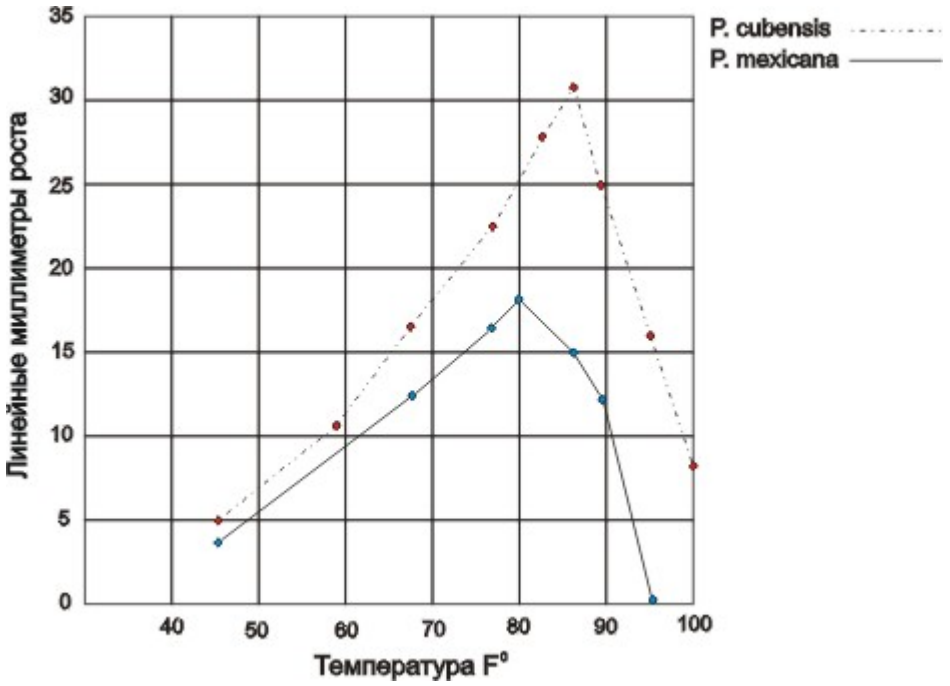
На первом этапе лучше использовать простые, обедненные формулы субстрата, например, чистая солома или лузга. Затем можно комбинировать несколько основ и выявлять наиболее продуктивные варианты. Когда будет получен стабильный результат, можно постепенно вводить питательные добавки в количестве, обеспечивающем хороший урожай и приемлемый уровень развития конкурентной микрофлоры.

Также как в растениеводстве есть интенсивные сорта, хорошо откликающиеся на удобрения, у вешенки есть гибридные сорта (штаммы), реагирующие заметным повышением урожая на применение питательных добавок. Не следует увлекаться слишком высоким урожаем, так как за все приходится платить. Урожай на уровне 80-100% БЭ вполне соответствует современному уровню интенсивного грибоводства.

К факторам, определяющим рост и развитие грибницы высших базидиальных грибов, следует отнести факторы окружающей среды: температура, влажность, свет, реакция среды, направленное регулирование которых при искусственном культивировании шляпочных грибов — залог быстрого роста и плодоношения грибов.

Температура

Требования съедобных базидиальных грибов к температуре на разных этапах развития определяются биологическими особенностями вида и штамма. Известно, что для большинства грибов оптимальной температурой в период разрастания грибницы является 15 — 22оС, однако существуют многочисленные отклонения от этого правила. Температура, оптимальная для роста мицелия, не совпадает с температурой, необходимой для плодоношения. Например, грибы рода вешенка по отношению к температуре плодоношения делятся на три группы: требующие снижения температуры до 13 — 15оС или холодного шока при 5оС в течение 7 суток, образующие плодовые тела при повышенной температуре (19 — 25оС) и образующие плодовые тела в широком диапазоне температур (15 — 25оС, 12 — 20оС). Высокие температуры убивают грибы, при этом вегетативные клетки (гифы, мицелий) значительно чувствительнее, чем споры. Холод менее опасен, особенно, когда охлаждение происходит быстро. Ниже точки замерзания большинство грибов прекращают свою жизнедеятельность, но их можно еще долго сохранять живыми. Однако частая смена охлаждения и согревания грибных культур сказывается неблагоприятно, так как при повторном кристаллообразовании в содержащих много воды клетках грибов они механически повреждаются и погибают.



Чаще всего температурный оптимум для высших базидиальных грибов находится в пределах 23 — 30оС. Оптимальная температура для большинства исследованных дереворазрушающих грибов 28оС. Максимальная температура находится на уровне 35 — 40оС. Отсутствие роста грибных культур при определенной температуре объясняется неспособностью организмов синтезировать необходимые аминокислоты или витамины (Lennison et al., 1955). Для вида строфария также оптимальна температура 28оС для роста мицелия (надо учитывать еще и то, что мицелий сам вырабатывает собственное тепло в пределах 5 – 10оС в зависимости от объемов, и поэтому превышать этот уровень нет смысла). Так в таблице мы видим, что наибольший прирост мицелия происходит при 85оФ или 29,5оС для вида кубенсис.

Для вида мексикана, эта цифра чуть ниже, примерно на 6оС. Если только это не теплолюбивый штамм, типа камбоджия или «гольфстрим», то есть происходящих из тропических областей. Тогда 30 – 35о являются оптимальными (помните о выработке мицелием собственного тепла). Для плодообразования оптимальна температура на 10оС ниже температуры, используемой для зарастания мицелия. При 20оС вы имеете возможность иметь плодообразование – рост грибов и, в то же время, стимуляцию образования новых примордий – зародышей грибов, для которых требуется более прохладный период, чем для роста грибов. Если вы имеете возможность менять температуру, то для роста вы держите температуру 25 – 30оС и понижаете на период образования зародышей, сразу после сбора грибов до 20оС до начала образования новой волны. Это примерно занимает неделю. Потом можно постепенно поднимать температуру. Напоминаем, что для роста теплолюбивых штаммов температура 26 - 30оС является оптимальной.

Влияние питательных добавок на температуру субстрата.

Питательные добавки, содержащие легкодоступные углеводы, могут существенно повысить температуру субстрата в период инкубации. Максимальная температура в субстрате наблюдается на 4 - 5 день инкубации.

(Таблица не приведена)

Если температура субстрата превышает 35°С, то мицелий вешенки может погибнуть. Различные виды вешенки различаются по устойчивости к высокой температуре (табл.). Высокая температура стимулирует развитие конкурентных плесеней, имеющих оптимум роста мицелия при 35 - 40°С. Для вешенки оптимум роста мицелия составляет 25 - 30°С. При коммерческом выращивании вешенки стараются поддерживать в субстрате в период инкубации максимально возможную температуру 28 - 30°С.

Влияние температуры на жизнеспособность мицелия различных видов вешенки.

ВИДЫ	Инкубация при 40°С, часы			
	8	24	48	72
Pleurotus florida	+	+	+	-
Pleurotus ostreatus	+	+	+	-
Stropharia cubensis	+	+	-	-

+ - *культура жизнеспособна*
- - *культура погибла.*

Свет

Оптимальные значения температуры и освещения для развития мицелия и плодовых тел базидиальных грибов.

Вид	Развитие мицелия.		Образование плодовых тел.	
	Т, 'С	Свет, лк	Т, 'С	Свет, лк
Agaricus bisporus	24	—	15 — 17	—
Agaricus bitorguis	30	—	23 — 27	—
Pleurotus ostreatus	30—32	—	10—15	70 — 400
Pleurotus florida	30 — 32	—	17 — 25	70 — 400
Flammulina velutipes	25	—	9 — 11	0 — 50
Kuehneromyces mutabilis	25	—	17 — 25	25 — 90
Volvariel la vol vacea	35	—	30 — 35	300 — 500
Str. cubensis	30—35	—	30 — 35 (20—30) холод.люб.	400—700

Свет находится во взаимодействии с температурой, влажностью, аэрацией и оказывает существенное влияние на процессы роста и плодоношения грибов (Manachere, 1980), регулирует последовательность различных биофизических и биохимических процессов, приводящих в конечном счете к морфологическим и фототропным реакциям. Влияет преимущественно на способность грибов к спороношению и к пигментированию, особенно в случае, если эти пигменты — каротиноиды. **Особенно сильный эффект на появление спороношения оказывает ультрафиолетовое облучение.** В фазе вегетативного развития грибов влияние света не имеет особого значения, тогда как в период плодообразования этот фактор играет решающую роль для таких грибов, как вешенка обыкновенная, зимний гриб, вольвариелла вольвовая, опенок летний и др. Грибы в период роста мицелия не требуют света, но **в период формирования плодовых тел им нужен коротковолновый свет, в противном случае ножки плодовых тел остаются тонкими, шляпка становится рудиментарной или вообще не развивается.** Для инициации плодоношения большинства видов рода вешенка необходимо освещение 30 — 40 лк (Laborde, Delmas, 1974; Iablonsky, 1975). Увеличение освещенности в этот период значительно снижает количество примордиев вешенки обыкновенной (Gyurko, 1972).

При недостаточном количестве света уродливые формы плодовых тел образуются и у других видов шляпочных грибов. Для грибов, растущих на открытых пространствах (как строфария), требуется больше света. Избыток света отрицательно сказывается на изменении окраски шляпки гриба. Интервалы времени между периодами освещения не оказывают влияния на урожайность и морфогенез плодовых тел (табл.).

Необходимо отметить, что при спектральных исследованиях нецелесообразно пользоваться широко практикуемой литературе системой единиц «люксы» и «люмены», поскольку они соответствуют спектральной чувствительности человеческого глаза, а люксметры имеют явно выраженную спектральную кривую чувствительности с максимумом: при 550 нм и минимумами при 410 и 720 нм (Висько,1987). Действие света может быть заменено различными окислительными процессами.

Итак, в противоположность общепринятому мнению, что бесхлорофилльным грибам свет не нужен, свет крайне необходим грибам, особенно для спорообразования и нормального развития шляпки, как репродуктивного органа.

Итак, после теоретического ознакомления с условиями, благоприятными для роста грибов и грибницы – мицелия, мы переходим к рассмотрению частных вопросов, касающихся непосредственно приготовления субстрата и его свойств.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Фазовый состав субстратов

Физические свойства субстратов, также как и их химические характеристики, имеют важное значение для производства качественного субстрата. Такие физические параметры субстрата как структура, влагоемкость, влажность, аэрация определяют состав и направление развития микрофлоры, а также рост мицелия культивируемого гриба.

Массу субстрата упрощенно можно рассматривать как трехфазную систему, состоящую из твердой, жидкой и газовой фазы

Твердая фаза - это сухое вещество субстрата, состоящее из частиц различного размера. Твердая фаза обеспечивает мицелий гриба питательными веществами. Важная характеристика твердой фазы - это структура. Структура определяется размерами частиц (дисперсность) и их прочностью.

Пустоты между частицами заполнены воздухом - это газовая фаза. Состав газовой фазы субстрата может сильно отличаться от состава наружного воздуха. Для развития мицелия как аэробного организма обязательно наличие в субстратном воздухе определенного количества кислорода, т.е. определенный уровень аэрации.
В увлажненном субстрате часть свободного пространства между частицами и внутри частиц заполнена водой - это водная фаза. Наличие достаточного количества жидкости в субстрате необходимо для обеспечения водой мицелия и плодовых тел грибов, состоящих на 90% из воды. Кроме того, характер питания грибов (осмотический) связан с выделением в наружную среду ферментов и поглощением всей поверхностью мицелия продуктов гидролиза, а этот процесс идет активно только в водной среде.

Твердая, газовая и водная фазы субстрата тесно связаны, и при приготовлении субстрата необходимо учитывать состояние каждой фазы. Например, в переувлажненном субстрате газовая фаза становится слишком маленькой в объеме (вытесняется водой) и уже не обеспечивает необходимого уровня газообмена или аэрации. Вследствие этого в субстрате формируются анаэробные условия неблагоприятные для развития мицелия.

Твердая фаза (Структура. Дисперсность. Плотность. Упругость.)

Структура субстрата определяется дисперсностью составляющих его частиц и их механической прочностью. Твердые частицы небольшого размера создают хорошую структуру субстрата, обеспечивающую достаточную аэрацию и оптимальную плотность. Один из вариантов такого субстрата - лузга подсолнечника или солома зерновых культур, измельченная до частиц размером 1,5-5 см.

Чем меньше размер частиц органических отходов, тем больше удельная поверхность, открытая для микроорганизмов и их ферментов и тем быстрее происходит их освоение. Однако очень маленькие частицы (< 3мм) упаковываются слишком тесно, образуя материал с высокой плотностью и малой пористостью. В таком субстрате диффузия кислорода и углекислого газа сильно замедлена, что ограничивает скорость роста мицелия.

Для механизированных установок с перемешиванием и принудительной аэрацией оптимальный размер частиц составляет 10-20 мм. Для систем с неподвижным слоем субстрата предпочтительнее частицы размером 25 - 50 мм. Плотность субстрата в большей степени зависит от размеров частиц. Так насыпная плотность исходного сырья (соломы) может меняться почти в 3 раза в зависимости от размеров частиц (табл.), а также от типа субстрата (табл.).

Таблица
Насыпная плотность воздушно-сухой соломы в зависимости от степени измельчения.

Показатель	Размер частиц, см			
	5-20	2,5-5	1,5-2,5	0,5-1,5
Насыпная плотность, кг/м3	45	70	85	125

Таблица
Плотность различных субстратов в воздушно - сухом состоянии.

Показатель	Подсолн. лузга	Стебли подсолн.	Костра льна	Обрезь плодовых	Кукурузн. кочерыжка
Насыпная плотность, кг/м1	90	80 - 90	90 - 100	140 - 100	150 - 190
Размер частиц, см	0,5	3 - 5	1 - 3	2 - 4	0,5 - 1,5

Плотность увлажненного субстрата после инокуляции и фасовки в п/э мешки или брикеты составляет 0,35 - 0,50 кг/л, что существенно ниже плотности природного древесного субстрата (не измельченного). Плотность мягких пород деревьев составляет 0,6 - 0,7, а твердых пород (дуб, бук, граб) - 0,7 - 0,8. Слишком мелкие частицы субстрата (< 3 мм) и слишком сильное уплотнение могут привести к образованию анаэробных зон в субстрате, а так как вешенка и строфария аэробные организмы, то они не смогут освоить, колонизировать эти зоны. В том случае, если основа субстрата состоит из мелких частиц (мелкие опилки), для создания оптимальной структуры в субстрат добавляют древесную щепу, которая делает субстрат более рыхлым и улучшает условия аэрации. Смесь мелких частиц (опилки) и крупных (щепа) создает хорошие условия для роста мицелия. Мелкие частицы, обладая развитой поверхностью, стимулируют быстрый рост мицелия, облегчая ферментативный гидролиз субстрата. Крупные частицы способствуют образованию хорошо сросшегося блока субстрата, переплетенного гифами гриба. Они становятся базой, основой питания и плодоношения, благоприятствуя образованию крупных плодовых тел (табл.).

Таблица
Композиция субстрата с оптимальной структурой на основе опилок и щепы.

Компоненты	Опилки	Щепа	Отруби	Гипс
Количество, %	50	25	20	5

Оптимальный размер частиц для получения субстратов с хорошей структурой составляет 10-50 мм. Многие субстраты изначально имеют необходимые размеры частиц и не требуют измельчения, например, лузга подсолнечника, шелуха гречихи, овса, риса, костра льна, хлопковые отходы.

Субстраты, требующие измельчения, такие, как солома зерновых культур, стебли подсолнечника, кукурузы, хлопчатника, обрезь плодовых культур, измельчают в различного типа дробилках, соломорезках, измельчителях грубых кормов, измельчителях различных материалов.

Прочность частиц субстрата изменяется в процессе термической обработки. Чем выше температура обработки и ее длительность, тем меньшей становится прочность частиц. Этот параметр необходимо контролировать в ходе термической обработки чтобы не получить переуплотненного субстрата. "Пеферментация" субстрата при 50 – 60оС также может привести к подобному результату, если процесс ведется слишком долго (более 2 - 3 суток).

Жидкая фаза (Влажность. Влагоемкость)

Влажность исходного сырья.

Этот показатель особенно важен в случае длительного хранения сырья. Влажность воздушно - сухого растительного сырья колеблется в пределах 7 –15%. Повышение влажности сырья во время хранения до уровня более 15 – 20% создает условия для начала жизнедеятельности субстратной микрофлоры (бактерии плесени). В результате активности микрофлоры выделяется много биологического тепла, субстрат разогревается, и процесс еще более активизируется. Субстрат начинает "гореть". Самосогреванию особенно подвержены субстраты, богатые азотом. Споры конкурентных плесеней начинают активно прорастать, если температура в субстрате превышает 30 - 35°С, они формируют мицелий, который через 4 - 5 дней может образовать миллионы спор второй генерации. Таким образом, первичная инфекция переходит во вторичную, и инфицированность субстрата возрастает в 100 - 1000 раз, что может сделать субстрат непригодным для использования.

Влажность готового субстрата

Технология культивирования вешенки, а также частично строфарии, большей частью предусматривает фасовку готового субстрата в полиэтиленовые мешки. Поэтому субстрат должен иметь достаточный запас воды на весь период культивации. Дополнительное увлажнение субстрата затруднено из-за пленочного покрытия или плотной корки мицелия с наружной стороны субстрата. Для большей части растительных субстратов оптимальная влажность находится в пределах 65 - 75%.

Чтобы достичь такого уровня влажности субстраты замачивают водой в течение нескольких часов или даже дней: для соломы требуется 2 - 3 дня, для опилок хлопковых очесов, лузги - несколько часов. Для ускорения насыщения субстратов водой применяют перемешивающие устройства, используют горячую воду или вводят воду в субстрат под вакуумом (современные системы ускоренного увлажнения соломы). Солома злаковых культур увлажняется медленно из-за наружного воскового слоя, поэтому если солома после соломорезки обрабатывается в молотковой дробилке, где соломина плющится, и восковой слой частично снимается, процесс ее увлажнения сокращается по времени.

Вода в субстрате находится в различном состоянии:

1) связанная химически (прочно - связанная) - до 30%;
2) сорбционная, внутриклеточная, капиллярная - 30-70%;
3) свободная - выше 70%

Для нормальной жизнедеятельности мицелия субстрат должен содержать не менее 50% воды. Природный древесный субстрат имеет влажность в пределах 35 - 50% (табл. 20). Рыхлые субстраты (отходы с/х) имеют за счет измельчения очень большую активную поверхность, которая адсорбирует воду и способствует увлажнению субстрата до уровня выше 70%. Наличие в растительном субстрате капилляроподобных структур, как соломина зерновых, также способствует удерживанию воды.

Влажность субстрата - это отношение массы воды к сырой массе субстрата, выраженное в процентах.

$$w = \frac{m_в}{m_{обр.}} \times 100\%$$

где $m_в$ - масса воды, $m_{обр.}$ - масса образца.

Влажность субстрата (W) определяют высушиванием навески субстрата в сушильном шкафу при температуре 105°С в течение 4 - 6 часов до постоянного веса или 10 - 15 мин. в микроволновой печи.

Влажность субстрата сказывается на урожайности. Если воды в субстрате мало, то грибы появляются только в первую волну или вторая волна очень незначительна. Если воды слишком много, то снижается выход грибов на первой и второй волне плодоношения (табл.). Избыток воды в субстрате, также как переуплотнение субстрата, может способствовать образованию анаэробных зон, что снижает продуктивность культуры.

Таблица
Естественная влажность древесины разных пород деревьев.

Показатель	Ольха	Бук	Береза	Дуб	Каштан
Влажность, %	49	39	42	41	55

Таблица
Влияние влажности субстрата на урожайность
(субстрат - хлопковый очес; масса блока 1,5 кг).

Соотношение субстрат: вода	Влажность, %	1 волна	2 волна	Сумма
1 : 1	50	50	-	50
1 : 2	67	150	50	200
1 : 3	75	180	100	280
1 : 4	80	100	80	180

Влагоемкость

Влагоемкость или водоудерживающая способность - это максимальное количество воды, поглощенной единицей массы сухого вещества субстрата:

$$W = \frac{m_в}{m_{с.в.}} \times 100\%$$

где $т_в$ - масса воды, $т_{с.в.}$ - масса сухого вещества.

Различные материалы могут сильно отличаться по влагоемкости (табл.). Субстраты с наиболее тонкой волокнистой структурой, имеющей огромную сорбирующую активность, обладают самой высокой влагоемкостью (хлопковые очесы, мох сфагнум). В среднем большинство растительных субстратов имеют влагоемкость от 200 до 400%.

Влажность субстрата и влагоемкость связаны определенным образом. Чем выше влагоемкость субстрата, тем большую влажность можно достигнуть в нем (табл.).

Таблица
Влагоемкость различных материалов

Материал	Влагоемкость, %
Песок	10
Глина	40
Почва	60
Торф	100
Торфяной мох	250
Солома	300
Хлопковые очесы	400-570
Сфагнум	900

Таблица
Соотношение влажности и влагоемкости

Субстрат	древесина		солома, лузга, шелуха, стебли			хлопковые очесы		сфагнум
Влажность, %	50	60	65	70	75	80	85	90
Влагоемкость, %	100	150	185	233	300	400	570	900

Водный баланс

Вода необходима в процессе разрастания мицелия в субстрате и в период плодоношения, так как питательные вещества для усвоения их мицелием должны растворяться в воде. При влажности субстрата менее 40% скорость биологических процессов резко падает. При слишком большой влажности пустоты в структуре субстрата заполняются водой, которая ограничивает доступ кислорода к мицелию. Некоторые материалы, например бумага, при намокании быстро теряют структурную устойчивость, слипаясь в однородную массу. Однако большинство растительных материалов, например солома, устойчивы структурно к высокой влажности. Вода образуется в продукционном блоке в значительном количестве (до 20% от сухой массы) за счет гидролиза питательных веществ субстрата мицелием, но еще большее количество воды уходит с урожаем грибов (25 - 35% от сухой массы) и за счет транспирации воды с поверхности плодовых тел. Поддержание водного баланса внутри субстрата в процессе культивирования необходимо для получения хорошего урожая на 2-х или 3-х волнах плодоношения. Этому способствует увлажнение воздуха в период культивации до уровня 70 - 85% и в ряде случаев непосредственное увлажнение субстрата (полив) между волнами плодоношения (пленку блоков при этом снимают).

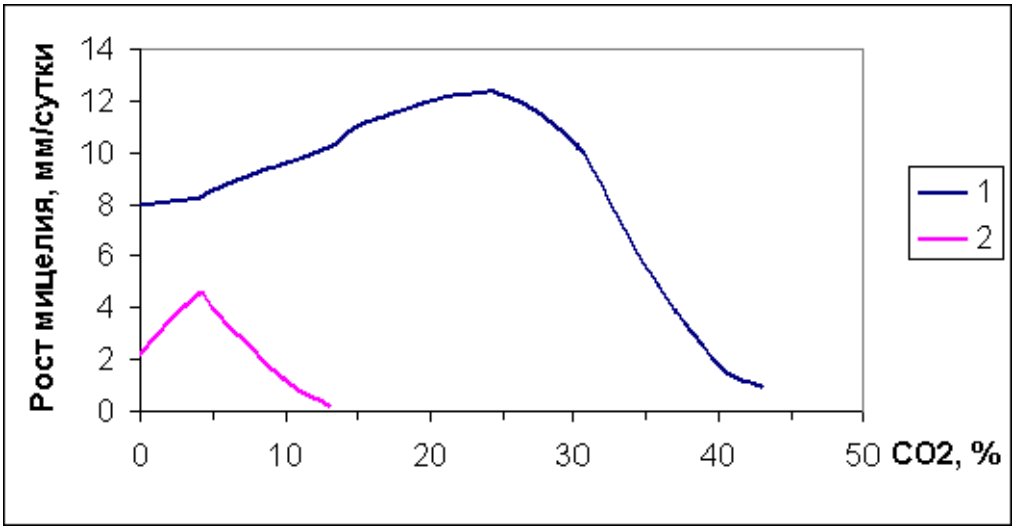
Газовая фаза (газообмен, уровень CO2)

Структура субстрата представляет собой сеть твердых частиц, в которую заключены пустоты различного размера. Пустоты между частицами заполнены газом (кислородом, азотом, углекислым газом), водой или газожидкостной смесью. Если пустоты целиком заполнены водой, то это сильно затрудняет перенос кислорода, так как растворимость кислорода в воде очень мала. Оптимальная влажность субстрата варьирует в зависимости от природы и дисперсности материала. Влажность различных материалов может существенно различаться, но при этом должно соблюдаться одно условие: свободное газовое пространство или отношение газового объема к общему объему субстрата (%) не может быть ниже 30%. Иначе начинается кислородное голодание. Кислород необходим для метаболизма аэробных организмов и, в частности, мицелия. Аэрация в субстрате осуществляется за счет естественной диффузии через макроперфорацию. Естественной диффузии часто оказывается недостаточно, когда объем субстратного блока слишком велик (диаметр блока более 30см). Аэрация не только поставляет кислород, но и удаляет CO2 и часть воды, образующейся в результате жизнедеятельности микроорганизмов и мицелия ("биологическая вода"), а также отводит теплоту благодаря испарительному охлаждению (теплопереносу).

При естественной аэрации (диффузионной) центральные участки субстратного блока могут оказаться в условиях анаэробиозиса, поэтому в ряде технологий, где используют массивные блоки субстрата, в центре блока устанавливают трубопроводы с перфорацией, через которую может поступать свежий воздух или вода.

Оптимальные условия для развития мицелия создаются при достаточно умеренном уплотнении субстрата (плотность 0.35-0.45), что способствует ограничению аэрации и накоплению) в массе субстрата углекислого газа. Как было показано исследованиями, углекислый газ стимулирует рост мицелия вплоть до концентрации в 220000 ppm (!) или 22%. Такая особенность развития мицелия характерна для всех видов вешенки и многих древоразрушающих грибов, развивающихся в древесном плотном материале, где газообмен сильно ограничен. Сапротрофные грибы, развивающиеся в природе на рыхлых материалах (подстилочные, гумусовые сапротрофы), например, различные виды шампиньонов (Agaricus spp.) приспособлены к условиям хорошего газообмена и их рост ингибируется уже при концентрации CO2 - 30000 ppm (3%) – рис.

Рис. Влияние концентрации CO2 на рост мицелия съедобных грибов.



1 – Pleurotus ostreatus (вешенка)
2 – Agaricus bisporus (шампиньон)

К сожалению, у нас нет информации по строфарии. Но вероятно, что она находится где то посередине между шампиньоном и вешенкой. Потому что блок на 7 кг, при той же перфорации и в сходных условиях, с мицелием строфарии зарастал более медленно и не так активно как вешенка. Если же перфорация увеличивалась при соблюдении стандарта влажности, скорость возрастала. Также

заметно прямое влияние на рост мицелия в жидкой среде, например, растворе фруктозы, от количества свободного пространства в банке. Из чего можно сделать вывод **о необходимости большей аэрации для строфарии.**

В то же время, **высокий уровень CO2 в субстрате создает селективные условия для развития мицелия и тормозит развитие многих конкурентных организмов.** При высокой концентрации CO2 полностью подавляется способность мицелия триходермы образовывать мутовки и споры, т.е. спорообразование прекращается, и возможность распространения инфекции резко снижается. **Однако накопление CO2 свыше 30% тормозит развитие мицелия и может вызвать его гибель или способствовать бурному развитию конкурентных микроорганизмов.**

Оптимизация физических свойств субстрата.

Оптимизацию физических свойств субстрата можно проводить по различным параметрам, например, по структуре, влагоемкости, плотности, аэрации, размерам и массе субстратного блока, площади перфорации пленочного покрытия блока и т.д.
Каждый растительный субстрат имеет свои особенности. Соломистые субстраты отличаются хорошей структурированностью, аэрацией, достаточной влагоемкостью. Пример расчета оптимальной плотности соломистого субстрата дан в табл.. Наиболее приемлемая плотность субстрата - 0,4 кг/л. В этом случае в субстрате поддерживается достаточно высокая плотность и свободное газовое пространство превышает 30%, что создает хорошую аэрацию. Более высокая плотность субстрата (0,5 кг/л) существенно снижает аэрацию (газовое пространство меньше 30%). С другой стороны слишком низкая плотность (< 0,3 кг/л) не позволяет сформироваться крепкому блоку и не создает условий для накопления в субстрате высокого уровня CO2, стимулирующего рост мицелия вешенки.

В ряде случаев оптимизации физических свойств можно достичь при сочетании различных типов растительного сырья. Например, костра льна имеет хорошую структуру, но малую влагоемкость. Бумага или очесы хлопка имеют хорошую влагоемкость, но плохую структуру. Их сочетание позволяет улучшить физические свойства субстрата. Другой пример - это опилки и щепа. Опилки имеют хорошую влагоемкость, но слишком мелкую структуру. Щепа имеет хорошую структуру, но малую влагоемкость. Их сочетание дает субстрат с хорошими физическими свойствами.

Таблица
Физические параметры соломистого субстрата

Показатели	Плотность субстрата (при влажности 75%)		
	0,3	0,4	0,5
Объем субстрата, $V_{об.}$	1 м3	1 м3	1 м3
Масса субстрата, m_c	300 кг	400 кг	500 кг
Масса сухого вещества, $m_{с.в.}$	75кг	100 кг	125 кг
Масса воды, $m_в$	225 кг	300 кг	375 кг
Объем твердой фазы, $V_{т.ф.}$	0.25 м3	0.33 м3	0.42 м3
Объем воды,$V_в$	0.225 м3	0.300 м3	0.375 м3
Газовый объем, $V_{газ}=V_{об} - (V_в + V_{т.ф.})$	0.525 м3	0.37 м3	0.225 м3
Своб.газовое пространство,СГП= $V_{газ}/ V_{об}$ x 100%	52.5 %	37 %	22.5 %

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Введение.

Исходное сырье для приготовления субстратов содержит свою собственную эндогенную микрофлору и микрофауну. При увлажнении сырья активность организмов возрастает Микроорганизмы потребляют кислород, воду, питательные органические вещества субстрата, а также минеральные элементы. Искусство приготовления субстрата состоит в сохранении полезной микрофлоры и даже увеличении ее численности и в уничтожении или дезактивации вредных организмов. Основные группы организмов, встречающиеся в растительном сырье, представлены в табл..

Таблица
Основные группы организмов, встречающиеся в растительных субстратах

Группа	Представители	Описание
Микрофлора	Бактерии	Множество форм: кокки, палочки, нитчатые. Размер 1-8 мкм.
	Актиномицеты	Тонкий разветвленный мицелий. Размер 0.5-20 мкм.
	Грибы, дрожжи	Мицелий и споры. Размер спор 3-50 мкм. Множество видов, в т.ч. конкурентные плесени.
	Водоросли	Нитчатые формы. Размеры 10-100 мкм.
	Вирусы	Живут в бактериях, актиномицетах, грибах. Размер 0,1 мкм.
Микрофауна	Простейшие	Форма: одноклеточные со жгутиками или ресничками. Размер 5-80 мкм.
	Нематоды	Круглые черви 50-1000 мкм.
Макрофлора	Высшие грибы (макромицеты)	Образуют мицелий и плодовые тела (размер 10-40 мм) - гриб навозник.
Макрофауна	Клещи	Размер 0,1 - 2 мм.
	Мухи, комарики	Личинки. Размер 0,1-2 мм.
	Муравьи, жуки, пауки, ногохвостки и др	Личинки, взрослые особи. Размер 1-20 мм.

Биологические свойства субстратов имеют особое значение для нестерильных технологий культивирования, когда значительная часть организмов субстрата сохраняется после пастеризации. Чем сильнее термическая обработка, тем меньшее число организмов выживает, в том числе и полезных, которые обеспечивают селективность субстрата. Селективность субстрата - одно из важнейших биологических свойств, определяемое химическим составом сырья и активностью полезной микрофлоры.

Биологические свойства субстрата тесно связаны с его химическими и физическими свойствами и в совокупности определяют конечный результат - высокую продуктивность культуры грибов.

Инфицированность сырья.

Культивируемые растения в период вегетации подвергаются инфицированию разнообразных микроорганизмов. Среди них можно обозначить несколько групп (рис.):

Паразитические или фитопатогенные грибы и бактерии. Например: ржавчина пшеницы, головня пшеницы, мучнистая роса, бактериальная пятнистость и т п.

Эпифитная микрофлора - обычно непатогенные грибы и бактерии, питающиеся поверхностными выделениями на листьях растений.

Сапротрофная микрофлора - бактерии и грибы, питающиеся мертвым органическим веществом. К этой группе относится большинство конкурентных вешенке организмов: плесневые грибы (Trichoderma, Aspergillus, Penicillium и т.п.) и бактерии (Pseudomonas и др.).

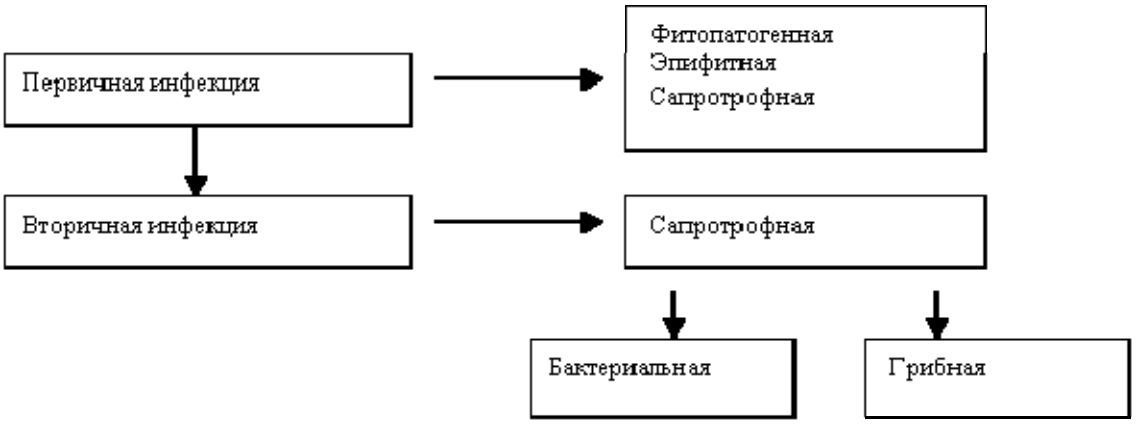


Рис. Инфицированность сырья

Многие представители микроскопических грибов, обитающих в почве, в зоне ризосферы способны разрушать клетчатку (целлюлозу): Chaetomium globosum, Trichoderma lignorum, Cladosporium herbarum, Fusarium , Aspergillus, Mucor. Некоторые представители низших грибов (дейтеромицеты) способны также частично разлагать лигнин: Alternaria, Aspergillus, Trichoderma, Gilmaniella.

Микроскопические грибы размножаются обычно бесполым путем, образуя огромное количество спор. Мелкие споры грибов могут переноситься воздухом на большие расстояния. Количество спор грибов в воздухе может достигать десятков и сотен тысяч в 1 м3.

Первичная инфекция - это сумма микроорганизмов, которые находятся на субстрате в период его заготовки и складирования.

Вторичная инфекция - развивается при неправильном хранении сырья (попадание влаги) или контакте сырья с отселектированной на грибной форме микрофлорой (наиболее часто возникающие плесневые инфекции).

Таким образом, источником инфекции может быть окружающая среда, субстрат, помещения фермы, отработанный инфицированный субстрат. Необходимо принимать соответствующие меры против перекрестного инфицирования.

Конкурентная микрофлора.

Конкурентная микрофлора представлена двумя группами организмов:

1) бактерии; 2) грибы.

Бактерии выделяют токсичные метаболиты, которые ингибируют рост мицелия. В блоках инокулированного субстрата такие зоны обычно хорошо видны, особенно на фоне белого заросшего мицелием субстрата: это достаточно четко отграниченные темного цвета зоны. Бактериальная инфекция часто встречается при выращивании мицелия на зерновом субстрате. В этом случае бактериоз проявляется также в виде отдельных, не зарастающих мицелием зон, зерно осклизлое и

неприятно пахнущее. Бактериозы появляются в случае переувлажнения субстрата, недостаточной термообработке или несоблюдении оптимального температурного режима инкубации субстрата.

Конкурентные грибы представлены в основном низшими грибами - плесенями, однако, встречаются и представители высших, шляпочных грибов - это виды навозников – Coprinus spp.

Плесневые грибы условно разделяют на слабо конкурентные и сильнокурентные. Однако слабо конкурентные плесени в определенных условиях также могут приносить большой вред. Плесневые грибы поглощают питательные вещества субстрата, в первую очередь легкодоступные соединения, они также выделяют токсины, ингибирующие рост мицелия вешенки, кроме того, отдельные агрессивные биотипы, например триходермы, проявляют микопаразитические свойства.

Встречаемость различных видов конкурентных грибов зависит от места заготовки сырья, вида сырья и санитарной обстановки на самой грибной ферме (табл.). В последние годы зеленая плесень, вызываемая триходермой, постоянно представляет опасность для грибоводческих ферм, выращивающих вешенку, строфарию, и шампиньон. В Северной Америке распространен агрессивный штамм Trichoderma harzianum - Th-4, а в Европе - Th-2. В Канаде около 60% шампиньонниц инфицировано биотипом Th-4. Trichoderma harzianum (штамм Th-4) вызывает большие потери урожая вешенки на соломистом субстрате.

Таблица
Конкурентные грибы на субстрате.

Виды грибов	**Частота обнаружения**	**Основные причины появления**
Trichoderma spp. (зеленая плесень)	+ + +	Плохая пастеризация. Температура в субстрате выше 30°С.
Coprinus spp. (навозник)	+ + +	Избыток азота (C/N < 30). Температура в субстрате выше 30°С.
Trichurus spirales ("волосатая" плесень)	+ + +	Плохая стерилизация.
Neurospora sitophila (оранжевая плесень)	+ + +	Стерилизация субстрата. Часто источник – мицелий.
Cladosporium spp.	+ +	Плохая пастеризация. Наличие легкодоступных питательных веществ.
rthobotrus spp.	+ +	
Sclerotium spp.	+ +	
Penicillium spp.	+	Плохая пастеризация. Наличие легкодоступных питательных веществ.
Mucor spp.	+	
Aspergilus spp.	+	
Alternaria spp.	+	

На первой волне плодоношения потери от зеленой плесени могут составлять 65%, а на второй волне 99% урожая. В среднем потери составляют 70% общего урожая. Грибные фермы, выращивающие и шампиньон, и вешенку, имеют двойной риск распространения этого агрессивного штамма по сравнению с фермами, культивирующими один вид.

Накопление конкурентной микрофлоры происходит при неправильном, открытом хранении сырья, нарушении санитарно - гигиенических норм, нарушении термического режима обработки, избыточном количестве легкодоступных соединений углерода и азота (табл.).

Таблица
Конкурентная микрофлора

Группа	Причина накопления	Меры борьбы
Слабо конкурентная: Altrernaria Mucor Fusarium Aspergillus Coprinus Penicillium **Сильно конкурентная**: Trichoderma Gilmaniella Neurospora	1. Заготовка увлажненного (непросушенного) сырья. 2. Неправильное хранение сырья (открытое). 3. Нарушение термического режима обработки (недостаточная экспозиция или температура). 4. Неправильная композиция субстрата (избыток легкодоступных соединений азота и углерода). 5. Нарушение санитарно-гигиенических норм. 6. Высокая первичная инфицированность.	1. Заготовка сухого сырья в сухую погоду. 2. Хранение сырья в закрытом помещении. 3. Соблюдение температурного режима обработки и достаточная экспозиция. 4.Коррекция состава субстрата, уменьшение содержания легкодоступных веществ (промывка в воде, длительная фильтрация). 5. Удаление органических остатков, изоляция камер от наружной среды, регулярная дезинфекция. 6. Снижение инфицированности сырья: промывка водой, качественная термообработка, внесение фунгицидов (фундазол 25-100 ppm), антибиотиков.

Обследование грибных ферм показало, что накопление агрессивной конкурентной микрофлоры начинается сразу же после начала работы фермы. Фактически грибоводческая ферма является новой открытой нишей для развития конкурентных организмов. Здесь есть все: тепло, влага, питание. Поэтому борьба с инфекцией должна быть на ферме постоянной и жесткой. Инфекционные споры (пропагулы) триходермы обнаруживаются практически во всех местах инфицированной фермы (табл.). Концентрация спор триходермы выше в производственной зоне, где они переносятся с механизмами, персоналом или органическими остатками. На многих фермах для отдельных операций создают специальные рабочие группы, которые не пересекаются в течение рабочего дня, например группа сборщиков грибов и группа посева мицелия и фасовки субстрата. Органические отходы, почва, пыль и вода на дорогах - могут быть резервуарами триходермы (табл.). Основная стратегия контроля развития триходермы на ферме - ограничение, локализация мест развития плесени и предотвращение ее распространения. Меры борьбы - это в основном профилактика в виде регулярных санитарно - гигиенических мероприятий.

Таблица
Распределение триходермы на ферме (процент проб с биотипом Th-4)

Строение фермы	Чистая зона	Грязная зона
Внутри строений	16,2	35,4
Снаружи строений	1,8	14,3

Таблица
Источники инфицирования триходермой

Материал на ферме	Процент проб с биотипом Th-4
Почва, грязь	30,8
Вода (лужи)	20,0
Органические отходы	14,3
Воздух	13,8
Пыль, сажа	12,5
Исходное сырье	0

Полезная микрофлора.

Субстраты несут в себе как вредную (конкурентную или патогенную) микрофлору, так и полезную. Микроорганизмы, обеспечивающие нормальное развитие мицелия в присутствии конкурентной микрофлоры пока еще недостаточно изучены. Известно, что они относятся к группе термофильных бактерий рода Bacillus.

Все микроорганизмы можно разделить на группы по отношению к оптимальной температуре их развития (табл.). Это психрофилы, мезофилы и термофилы. Вешенка и строфария относятся к умеренным мезофилам - оптимум развития мицелия от 20 до 30оС. Большинство конкурентных плесеней относятся к экстремальным мезофилам: оптимум развития мицелия при температуре от 30 до 45оС.

Таблица
Распределение микроорганизмов по отношению к температуре

Группа	Подгруппа	Температура (°С)
Психрофилы	Облигатные мезо-толерантные	0-10° 10 - 20°
Мезофилы	Умеренные экстремальные	20 - 30° 30 - 45°
Термофилы	Термотолерантные облигатные	45 - 55° 55 - 80°

Полезная микрофлора, антагонистичная конкурентным организмам, относится к термофилам. Наиболее изучены термофильные микроорганизмы шампиньонного компоста. Они представлены тремя группами организмов: бактериями, актиномицетами и грибами (табл.). Оптимальный интервал температур для их развития 45 - 55°С. Такой температурный режим устанавливают после пастеризации компоста в фазе кондиционирования. В отличие от бактерий, которые развиваются очень быстро (за 24 часа их количество при оптимальных условиях увеличивается в 300000 раз), развитие актиномицетов и грибов требует нескольких суток. Процесс обработки субстрата для культивирования вешенки обычно кратковременный (от 24 до 72 часов) и единственная возможность микробиологической защиты субстрата реализуется за счет термофильных бактерий. При пастеризации субстрата большая часть термофильной микрофлоры не активна, лишь некоторые виды продолжают развиваться при температуре выше 65°С (табл.).

Таблица
Оптимальная температура для развития термофильных микроорганизмов

Группа	Температура. С

Бактерии:	Bacillus subtilis Bacillus pumilus	45-55
Актиномицеты:	Nocardia Streptomyces Thermoactinomyces	35-55
Грибы:	Aspergillus Humicola Stibella	35-55

Таблица
Время выживания термофильных грибов при различных режимах пастеризации, часы

Наименование	**.Температура пастеризации**		
	60°	65°	68°
Chaetomium thermophile	30	0	0
Humicola insoleus	30	3	0
Mucor pusillus	48	4	0,5
Stibella thermophila	2	0	0
Humicola lanuginosa	240	4	0,5
Talaromyces thermophilus	240	1	0

Селективность.

При культивировании съедобных грибов на лигноцеллюлозных субстратах конкурентные микроорганизмы часто вызывают серьезное снижение урожая. В естественных условиях ксилотрофные грибы и, в частности вешенка, растут в плотной древесине, развиваясь в ней достаточно медленно. При интенсивном культивировании вешенки, а также строфарии используют рыхлые субстраты, такие как опилки, измельченная кора или солома зерновых культур.

На этих субстратах мицелий вступает в конкуренцию за питание с быстро растущими плесенями. Наиболее агрессивными конкурентами на соломе показали себя виды Trichoderma (Tr. harzianium, Tr. hamatum и др.) и Gilmaniella humicola.

Так как полная стерилизация соломы и культивирование в стерильных условиях экономически невыгодно при промышленном производстве грибов вешенки, возникает необходимость получения селективного субстрата, который бы способствовал росту мицелия съедобного гриба, и в то же время тормозил развитие конкурентных микроорганизмов. Разница в пищевых потребностях большинства съедобных грибов и плесеней позволяет достичь необходимого уровня селективности субстратов.

Развитие плесеней зависит от наличия легкодоступных источников азотного и углеродного питания, в то же время ксилотрофные грибы способны разрушать сложные труднодоступные лигноцеллюлозные комплексы соломы. **Обработка субстрата при высокой температуре вызывает гидролиз растительных полисахаридов и появление свободных легкоусвояемых сахаров, которые способствуют размножению конкурентных плесеней.**

Селективный субстрат, тормозящий развитие плесеней и благоприятствующий росту мицелия, получают при обработке умеренной температурой 65 - 70°С. Повышение температуры обработки до 75 - 85° приводит к стимуляции развития плесеней типа *Gilmaniella, Trichoderma, Fusarium, Mucor* **(рис.), если обработка достаточно длительная.**

Важна не только температура обработки субстрата, но и время обработки. Пастеризация при 65°С в течение 6-10 часов усиливает рост *Trichoderma hamatum*, а в течение 12 -16 часов - рост *Gilmaniella humicola* (рис.).

(пропущен текст)

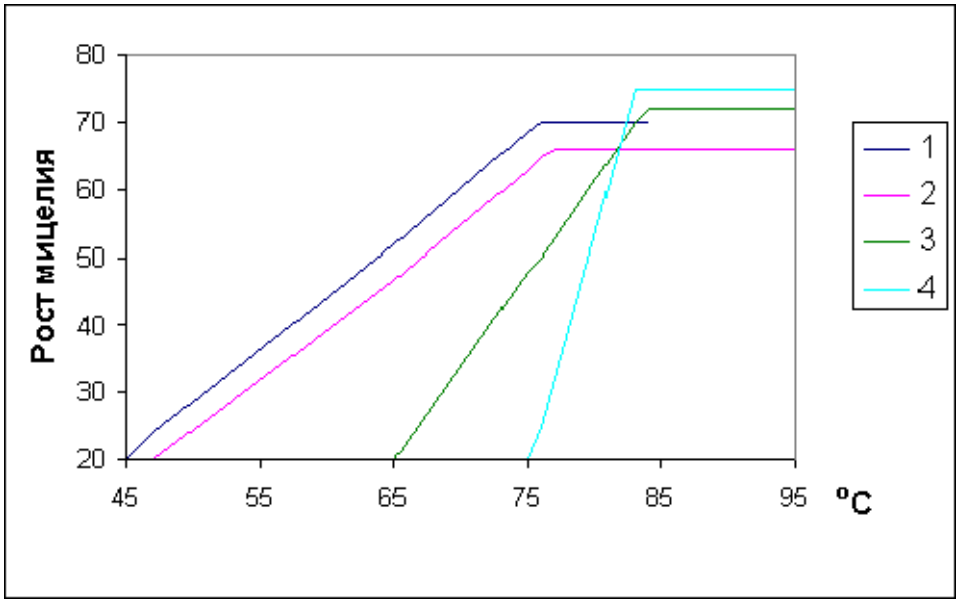


Рис. Влияние температурной обработки на развитие конкурентных плесеней и мицелия вешенки, длительность обработки – 24 часа.

1 – *Pleurotus ostreatus*
2 – *Gilmaniella humicola*
3 – *Fusarium, Mucor*
4 – *Trichoderma hamatum*

Рис. Влияние длительности пастеризации (65°С) на рост мицелия вешенки и конкурентной плесени.(в данной публикации отсутствует)

1 – Pleurotus ostreatus
2 – Gilmaniella humicola
3 – Trichoderma hamatum

По некоторым данным ряд культур бактерий Bacillus subtilus, изолированных с соломы, ингибировал рост плесеней, не влияя на рост мицелия вешенки.

S.Stolzer и K.Grabbe изолировали 119 культур бактерий и актиномицетов из ферментатированной соломы и протестировали их на антагонизм к различным плесеням. Было собрано 15 активных культур Bacillus. Культуры выращивали на жидкой среде (10 г. мелассы/л, pH - 7,0) при 25°С и затем смешивали с соломой. Солому ферментировали при 45°С различное время и затем засевали спорами плесеней или культурой вешенки. Бактериальные культуры разделились на 2 группы. 1-ая группа объединяла представителей Bacillus subtilis и вызывала ингибирование роста как мицелия вешенки, так и плесеней. 2-ая группа включала представителей вида Bacillus pumilus, которые тормозили рост мицелия плесеней (Trichoderma , Mucor, Fusarium, Gilmaniella), но не влияли на развитие мицелия вешенки.

После ферментации соломы при 45°С в течение 72 часов с наиболее активным штаммом **Bacillus pumilus** субстрат был практически полностью защищен от разных видов плесеней (табл.).

Таблица.(в данной публикации отсутствует)

Влияние ферментации субстрата с термофильными бактериями B. pumilus на развитие конкурентных плесеней (ферментация 72 часа при 45°С).

Биохимические механизмы селективности субстрата.

Первоначально считалось, что основой селективности субстрата при выращивании вешенки являются антибиотические вещества, выделяемые в период ферментации бактериями из группы Bacillus subtilis. Однако более поздние исследования показали, что бактерии и их выделения не оказывают непосредственного влияния на рост мицелия плесневых грибов, следовательно, селективность субстрата определяется другими факторами.

Получение селективного субстрата для культивирования съедобных грибов возможно потому, что многие ксилотрофные грибы способны ферментативно разрушать лигноцеллюлозный комплекс соломы. В то же время развитие конкурентных плесеней зависит от присутствия легкодоступных соединений углерода и азота. Плесени рода Trichoderma, в отличие от других конкурентных плесеней, способны разрушать ещё и целлюлозу из лигноцеллюлозного комплекса. **Однако Trichoderma не растет на термически необработанной соломе** (см. рис.), что, видимо, обусловлено экранирующей ролью лигнина, покрывающего волокна целлюлозы. При высокотемпературной обработке субстрата лигноцеллюлозные связи частично разрушаются (делигнификация), и целлюлоза становится доступной для ферментативного гидролиза Trichoderma hamatum.

Конкурентная плесень Gilmaniella humicola способна разрушать целлюлозу и обладает фенолоксидазной активностью, что обеспечивает определенную лигнолитическую активность. Кроме того, этот гриб способен расти при щелочном pH. Все это усугубляет трудности в борьбе с этой плесенью, которая имеет очень близкие характеристики с Pleurotus ostereatus.

Селективность субстрата можно объяснить с точки зрения содержания легкодоступных сахаров. Высокотемпературная обработка субстрата приводит к химическому гидролизу полисахаридов и накоплению растворимых сахаров (табл.). Однако при пастеризации соломы при 65°С развивающиеся в субстрате термофильные бактерии группы Bacillus утилизируют практические все растворимые формы сахаров, не оставляя ничего для конкурентных мицелию плесеней (табл.). В процессе ферментации происходит также подщелачивание субстрата и утилизация легкодоступных форм азота (аммонийного). Для развития в субстрате плесени Trichoderma hamatum необходимо сочетание нескольких факторов: слабокислый pH, повышенное содержание растворимых легкодоступных форм азота и сахаров (табл.).

Таблица
Содержание растворимых сахаров в соломе после различной обработки.

Таблица
Влияние пастеризации на pH субстрата и содержание в нем растворимых сахаров и аммония.

Таблица
Рост Trichoderma hamatum на питательной среде (экстракт ферментированной соломы).
(данные таблицы не приведены в этой публикации)

Ферментация должна быть проведена таким образом, чтобы легкодоступные вещества полностью были утилизированы бактериальной микрофлорой и остановлена в момент, пока еще не началось разрушение основы субстрата - лигноцеллюлозного комплекса. Чрезмерное удлинение процесса обработки субстрата ухудшает не только физические, но и питательные свойства субстрата.

Влияние термообработки на микроорганизмы субстрата.

Термическая обработка субстрата проводится с целью уничтожения конкурентных микроорганизмов, а также вредителей (насекомые, клещи и т.п.).
Наиболее чувствительны к термическому воздействию психрофилы и мезофилы, наиболее устойчивы - термофилы. В первую очередь, термическая обработка уничтожает вредителей и вегетативные формы (мицелий) микроорганизмов. Споры микроорганизмов обладают повышенной термостойкостью, особенно споры термофильных бактерий (табл.).

Мягкая термообработка (60 - 65°С) по сути, не является только пастеризацией, так как при этой температуре могут свободно существовать и размножаться бактерии, относящиеся к облигатным термофилам. На самом деле этот режим является режимом ферментации для облигатных термофилов. ...в субстрате развивается достаточное количество бактерий, которые полностью утилизируют свободные сахара и создают высокий уровень селективности. Дополнительная ферментация субстрата... способствует развитию группы термотолерантных термофильных бактерий, которые в еще большей степени усиливают селективность субстрата и обеспечивают надежную микробиологическую защиту от конкурентных плесневых грибов.

Умеренная термообработка (70 - 90°С) уже является пастеризацией, так как уничтожает все вегетативные формы микроорганизмов и сохраняет часть споровых форм мезофилов и термофилов. Умеренная термообработка сохраняет еще некоторый уровень селективности субстрата, так как популяция термофилов достаточно быстро восстанавливается после обработки.

Жесткая термообработка (100 - 125°С) при достаточной экспозиции не только пастеризует субстрат (уничтожение вегетативных форм), но и убивает споры микроорганизмов, в том числе и термофильных бактерий. Такой субстрат становится стерильным и полностью теряет селективность. На нем одинаково хорошо растет мицелий, и прекрасно развиваются конкурентные плесневые грибы. Поэтому инокуляцию стерильного субстрата проводят в стерильных условиях и используют стерильный, неперетаренный мицелий.

Таблица
Влияние термообработки на микрофлору субстрата.

Тип термообработки	Режим, °С	Споры бактерий	Споры грибов	Вегет.формы
Мягкая	60-65	+	+	+
Умеренная	70-90	+	+	-
Жесткая	100-125	-	-	-

+ сохраняются, - уничтожаются.

Влияние температуры обработки на селективность.

Термообработка субстрата вызывает ряд химических реакций, снижающих его селективность. Во-первых, происходит термический гидролиз полисахаридов и высвобождение легкодоступных сахаров, служащих хорошим питанием для конкурентов. Во-вторых, происходит делигнификация лигноцеллюлозного комплекса субстрата. В результате, целлюлоза и гемицеллюлоза становятся доступными для конкурентных плесневых грибов, типа триходермы, обладающих заметной целлюлазной активностью. При высокотемпературной обработке лигноцеллюлозные связи частично разрушаются и тем больше, чем сильнее обработка. Даже умеренная, но длительная термообработка приводит к развитию на субстрате конкурентных плесеней. Различные способы обработки оказывают как положительное, так и отрицательное воздействие на селективность субстрата (табл.).

Таблица
Влияние термообработки на селективность.

Тип обработки	Температурный режим, °С	Экспозиция, часы	Селективность
Стерилизация жесткая	120- 130	1 -3	-
Стерилизация мягкая	100- 103	8-16	-
Пастеризация жесткая	90 - 100	1 -4	
Пастеризация умеренная	70-80	8-12	+
Пастеризация -ферментация	60-65	24-48	+ +
Ферментация	45-55	48-72	+ + +

+ увеличение селективности
- уменьшение селективности среды.

Практическая часть.

Введение

Итак, после подробного рассмотрения всех теоретических вопросов, касающихся условий роста и размножения грибов, а также свойств субстрата, наиболее благоприятствующих такому росту, мы переходим непосредственно к технике культивации.

Но прежде небольшой исторический экскурс в историю искусственного размножения грибов.

Грибы в природе размножаются преимущественно спорами, однако они способны и к вегетативному размножению с помощью кусочков грибной ткани. Эту особенность давно подметили грибоводы и до конца прошлого столетия в качестве посадочного материала использовали дикорастущую грибницу. Для выращивания шампиньона брали грибницу на навозной свалке, если же в неблагоприятные годы на свалках грибница развивалась плохо, то ее размножали в специальных разведочных теплицах. Для этого грибницу высаживали в подготовленные навозные грунты, но сверху землю не насыпали, с тем чтобы не вызвать плодоношение. Когда субстрат почти полностью был пронизан разросшейся грибницей, его вынимали и использовали как посадочный материал. Слегка подсушенный субстрат, пронизанный грибницей, мог сохраняться годами. У нас таким методом получения мицелия шампиньона пользовались уже в 30-е годы. Однако такая грибница не давала высоких урожаев, быстро вырождалась, при посадке такого мицелия заносились и посторонние микроорганизмы, тормозящие рост и ухудшающие плодоношение шампиньона. Поэтому ученые вели поиск новых возможностей. В 1894 г. в Пастеровском институте во Франции была получена первая чистая культура гриба, выращенная на специальной питательной среде из спор шампиньона. Грибница, выращенная в стерильных условиях, имела значительно больший потенциал. Споровая грибница быстро приживалась, активно росла на компосте, плодоношение ее наступало значительно раньше, чем при использовании «дикого» мицелия. Поэтому уже с середины 20-х годов в большинстве стран — производителей шампиньона работали лаборатории по производству мицелия. В Советском Союзе способ получения стерильной грибницы был разработан в начале 30-х годов. Вначале грибницу выращивали на простерилизованном компосте, одновременно велся поиск других питательных сред. В 1932 году был запатентован способ выращивания мицелия на пшеничном зерне. Сейчас зерновой мицелий использует большинство грибоводов мира. В современных грибоводческих комплексах для культивирования грибов используют мицелий, выращенный на зерне пшеницы, ржи, ячменя, овса, проса, кукурузы и других злаков. При выращивании вешенки и других грибов, растущих в природе на древесине, посевной мицелий можно готовить как на зерне, так и на лузге подсолнечника, виноградных выжимках, смеси опилок и т.д.

Интенсивная технология культивирования вешенки на лигноцеллюлозных субстратах начала развиваться в Европе в 60-х годах. В 1965 году в Венгрии была разработана и в 1966 году запатентована стерильная технология выращивания вешенки. Субстрат обрабатывали в автоклавах при повышенном давлении и температуре 115-130°С. В качестве тары использовали 3-5 литровые

стеклянные банки. Стерильный способ давал прекрасные результаты, но был слишком дорогостоящим.

Дальнейшее упрощение и удешевление технологии привело к замене автоклавирования обработкой субстрата в аппаратах без давления при температуре 100°С. Этот вариант мягкой стерилизации или атмосферной стерилизации был запатентован в 1970 г. Технология получила широкое распространение благодаря простоте и экономичности.

Дальнейшее усовершенствование технологий приготовления субстрата было направлено на повышение селективности и переход к нестерильному способу обработки. В 1970 г в Венгрии была запатентована интегрированная микробиологическая технология, которая предусматривала обработку субстрата термофильными бактериями. Культуру бактерий в большом количестве выращивали в ферментерах. Субстрат сначала пастеризовали, а затем ферментировали.
В 1978 г была разработана ксеротермическая технология, которая была сначала реализована в Венгрии, а затем в Италии. Сухой субстрат обрабатывали паром в течение 1-1,5 часов при температуре 100 "С и затем увлажняли водой до необходимого уровня. Технология получила широкое распространение, особенно в Венгрии.

Достаточно стабильные результаты дает **гидротермическая обработка в простых металлических контейнерах**.

Некоторые грибоводы успешно реализуют стерильную технологию выращивания, получая на небольших площадях высокие урожаи. Разработано несколько вариантов прессов для формирования субстратных блоков, производительностью 1 блок/минуту.

Предварительная подготовка.

Заготовка сырья.

Составной частью большинства субстратов для выращивания вешенки и строфарии является солома зерновых культур (пшеница, ячмень, рожь, овес, рис, просо и т.п.). Хорошие результаты получают на стеблях, шелухе семян и лузге различных с/х культур (рапс, подсолнечник, гречиха и т.п.). В период вегетации растения инфицируются различными микроорганизмами (первичная инфекция), в том числе и конкурентными вешенке. Для предотвращения развития конкурентной микрофлоры необходимо соблюдать ряд правил (на примере соломы):

1) Сырье должно быть свежее, сухое.
Солому лучше собирать сразу после обмолота зерновых. Заготавливать солому надо в сухую погоду. Увлажненная солома - прекрасный субстрат для развития конкурентной микрофлоры.

2) Сырье должно быть чистое, однородное по составу.
Солома не должна содержать чужеродных примесей земли, сорняков, зеленых частей растений. Солома хорошего качества имеет золотисто-желтый цвет, без признаков загнивания или плесневения.

3) Правильное хранение сырья.
Сырье должно храниться в условиях, предотвращающих его увлажнение.
Известно, что свежезаготовленная солома тормозит развитие мицелия в первые 3 месяца хранения.

Экологическая чистота сырья - необходимое условие для получения экологически чистой продукции грибов. Мицелии грибов обладает свойством накапливать некоторые тяжелые металлы, особенно цинк и кадмии. Отдельные виды сырья могут содержать повышенное количество этих элементов, например, отходы типографии. Грибы, выращенные на субстрате, содержащем такие компоненты, уже не будут экологически чистыми, а могут стать и опасными для здоровья человека. По некоторым данным, применение пестицидов при выращивании пшеницы не оказывало никакого влияния на качество и величину урожая вешенки. Тем не менее, при выборе места заготовки сырья учитывают не

только его экологическую чистоту (зараженность тяжелыми металлами, радионуклеидами), но и интенсивность обработок растении пестицидами!

Складирование сырья

Измельчение

Солому зерновых и стебли различных с/х культур необходимо измельчать. Солому измельчают в различного рода соломорезках, измельчителях грубых кормов, измельчителях растительного материала, молотковых дробилках. Получают при этом различные фракции соломы 50 - 100 мм, 30 - 50 мм, 20 - 30 мм, 10-20 мм. Чем меньше фракция, тем плотнее и равномернее можно сформировать блок субстрата и тем меньше усилий нужно на его формирование. Солома должна быть не только нарезана на кусочки, но и расплющена, что достигается при использовании молотковых дробилок. Обработанная таким образом солома лучше увлажняется, так как наружный восковой слои соломины повреждается.

Неизмельченная или крупнонарезанная солома плохо уплотняется, из - за этого в мешках создаются воздушные полости, где в период плодообразования формируются зачатки грибов и погибают, если не разрезать пленку. Слабое уплотнение субстрата (менее 0,35 – О,40 кг/л) приводит к значительному уменьшению объема блока после периода инкубации или 1-ой волны плодоношения. Пленка отстает от субстрата по всему объему блока. В такой ситуации необходимо либо снимать пленку целиком, либо делать новую формовку субстрата, обеспечивая хорошее натяжение пленки по блоку субстрата.

Таким образом, степень измельчения растительного материала влияет на плотность субстрата, на ход плодоношения, качество грибов, а также выход урожая с одной емкости. Слишком мелкие частицы (менее 3 мм) создают трудности с газообменом, так как при формировании блока возможно переуплотнение. Для создания оптимальной структуры мелкую фракцию смешивают с крупными частицами (10-30 мм). Во время измельчения образуется много пыли, состоящей из мельчайших частиц субстрата и спор микроорганизмов. Для предотвращения распространения пыли помещение, где приводят измельчение изолируют от внешней среды и от других помещений фермы.

Таблица
Различные способы увлажнения

Варианты	**Характеристика**
Дождевание	2 –4 дня в плоской куче с периодическим ворошением
Замачивание в хол.воде	1-3 дня в ваннах (защелачивание воды известью ускоряет процесс)
Замачивание в гор.воде	1-4 часа в ваннах и смесителях

Смешивание

Если субстрат состоит из нескольких компонентов или применяют минеральные и питательные добавки, то возникает необходимость в равномерном перемешивании. Минеральные и питательные добавки подвергают такой же термической обработке, как субстрат. Если компоненты добавляют после термической обработки субстрата, то их пастеризуют отдельно.

Компоненты, применяемые в небольшом количестве (минеральные, питательные добавки), удобно вносить во время инокуляции вместе с мицелием, однако они должны быть предварительно термически обработаны.

В технологической цепочке операция смешивания выглядит следующим образом:

1. Пастеризация соломы (Франция)
- соломенную сечку замачивают на 2-3 дня;
- после стекания воды солому смешивают с 10% гипса и 3% муки из птичьего пера. Тщательно перемешивают в шнековом смесителе;
-пастеризуют субстрат при +60°С 24 часа в аэробных условиях.

2 . Ксеротермическая обработка соломы (Венгрия)
-соломенную сечку тщательно перемешивают с 10% сена бобовых трав в шнековом смесителе и загружают в тоннель,
- обрабатывают паром сухой субстрат при 100°С -1,5 часа,
- увлажняют субстрат питьевой водой в шнековом смесителе, добавляя расчетное количество воды.

3 . **Гидротермическая обработка (Россия)**
- соломенную сечку загружают в контейнер,
- заливают водой с 0,5-1,0% извести,
- обрабатывают при температуре воды 60-70оС (2-12 часов),
- сливают воду, охлаждают и смешивают с посевным мицелием и питательными добавками (обработанными

Увлажнение

Увлажнение субстрата должно обеспечивать необходимый запас влаги на весь период культивирования (обычно 2-3 волны плодоношения). Для субстрата, упакованного в полиэтиленовую пленку, с перфорацией, занимающей не более 5% всей поверхности, оптимальная влажность составляет 65-70%. Водопоглощение различных видов растительного сырья существенно отличается. Растительные субстраты, не имеющие воскового налета, легко смачиваются водой и быстро увлажняются (опилки). Субстраты, имеющие восковой или жировой слой, медленно увлажняются и требуют длительного замачивания в воде (хлопковые очесы, солома). Соломенную сечку увлажняют на площадках, поливая и периодически перемешивая в течение 1 - 3 дней. Хлопковые очесы проливают водой послойно во время загрузки в контейнер перед термообработкой. Ускорению процесса увлажнения способствует повышение температуры воды и перемешивание субстрата. В случае ксеротермической обработки, когда соломенную сечку в сухом состоянии обрабатывают паром, последующее увлажнение водой происходит намного быстрее, так как пар удаляет часть восковой оболочки и способствует набуханию соломины. Солому обычно смешивают с расчетным количеством воды в шнековом смесителе. Процесс увлажнения занимает не более 30 минут. В некоторых современных устройствах для увлажнения соломы используют вакуумирование. При этом происходит удаление пузырьков воздуха из соломины и очень быстрое насыщение растительных волокон водой. Процесс увлажнения сокращается до 10-15 минут. Влажность соломы достигает 75-78%. Хорошему увлажнению соломы способствует щелочная среда.

Очень часто получение высокого урожая вешенки ограничивается недостатком воды в субстрате. Каждый килограмм грибов выносит из субстрата 900 гр. воды (содержание воды в грибах около 90%) и столько же теряется с транспирационным испарением с поверхности плодовых тел. **При понижении влажности субстрата менее 40% происходит торможение транспорта питательных веществ из мицелия в плодовые тела. Субстратный блок в таком состоянии может образовать зачатки плодовых тел, но их дальнейшее развитие будет невозможным.** Субстрат, закрытый п/э пленкой и полностью обросший мицелием очень трудно доувлажнять, поэтому при первоначальном увлажнении необходимо **максимально насытить субстрат водой, но так, чтобы не было свободной воды.** Участки субстрата, содержащие избыток свободной воды, заселяются либо анаэробными бактериями, либо конкурентными плесенями. Блок при этом становится пятнистым или полосатым в зависимости от распределения переувлажненных зон. Надо еще учитывать образование биологической воды при дыхании (до 20% от сухой массы субстрата). В высоких, цилиндрических мешках переувлажнение особенно проявляется в нижних зонах, где вода скапливается под действием гравитационных сил.

Если работать на 1 волне плодоношения, то влажность субстрата можно формировать на уровне 65-68%, если на 2-3 волнах - на уровне 70-72%, конечно, если это позволит влагоемкость субстрата. Во всех случаях свободная вода (вытекает при сжатии субстрата в руке) должна быть на минимальном уровне. Субстрат в п/э емкости должен сохранять небольшую остаточную влагоемкость, чтобы впитать избыточную, свободную "биологическую воду". Самый простой способ проверки достаточной влажности субстрата – это сжать сильно в руке субстрат. И если вода только проступит между пальцами, то влажность в норме. Если вода совсем не выступит – она недостаточна. А если побежит ручьем – то чрезмерна.

В принципе чем выше концентрация зндогенной влаги, тем лучше. НО излишек влаги приводит к нарушению процессов аэрации и гибели мицелия. Оптимальная влажность практически всех субстратов - 60-75%. Для некоторых видов грибов, растущих на деревянистых субстратах, влажность субстрата должна быть меньше, как говорилось об этом ранее. Для стекания излишней влаги в дне грибного блока делают 3-4 прокола диаметром 2-3 мм или отрезают углы пакета.

Пример измерения влажности при приготовлении зерна: Бланшированное зерно должно иметь вид молочной спелости. Развариваемые зёрна не допускаются.

Влажность субстрата (%) определяют по формуле: **Вес взятой порции зерна (г) минус вес этой же порции после высушивания (г), умноженное на 100 и делённое на вес взятой порции (г).**

Пример расчёта:
Взято 500 г бланшированного зерна, после высушивания до постоянного веса вес этой порции уменьшился до 160 г. Влажность субстрата составляет - ((500-160)*100)/500=68%.

Промывка

Промывка субстрата используется для удаления загрязнений или ингибиторов роста мицелия. Например, лузга подсолнечника часто содержит мелкие частицы обмолоченных зерновок. Без промывки в лузговом субстрате во время заращивания сильно поднимается температура (более 30°С) и, как следствие, развиваются различные конкурентные плесени (мукор, триходерма). Аналогичная ситуация возникает на хлопковых очесах, которые содержат много пылевой фракции. Промывка очесов от пыли позволяет выращивать вешенку на таком субстрате даже без термической обработки.

Свежесобранная солома содержит ингибиторы роста мицелия, которые разрушаются только через 3-4 месяца хранения. При замачивании соломы в воде ингибиторы вымываются, и урожай грибов возрастает (табл.). Без замачивания на соломе чаще развивается антагонистичная грибам микрофлора (конкурентные плесени). Это связано с тем, что **при замачивании растворимые формы сахаров переходят в раствор и удаляются с водой.** Во Франции используют длительное замачивание соломенной сечки в течение 60 часов в баках при полном погружении субстрата под воду. После стекания воды солома имеет влажность **72-75%.**

Температура внутри субстрата в период инкубации - один из важнейших факторов, которые необходимо контролировать. **При повышении температуры выше 30°С в субстрате бурно развиваются конкурентные плесени и грибы (триходерма, мукор, навозники). При замачивании субстрат теряет легкодоступные питательные вещества, он обедняется за счет самой "опасной" питательной фракции.** На замоченном субстрате повышение температуры в первые дни инкубации (термогенез) выражено значительно слабее, особенно в больших блоках массой более 15 кг.

В США, Франции, Италии применяют совмещенный вариант: увлажнение и промывка. Измельченную солому увлажняют на площадках в течение 2-3х суток и затем на сутки замачивают в воде, полностью погружая солому под слой воды.

Таблица
Влияние замачивания соломы на урожай вешенки
(урожайность в % от сырой массы субстрата)

Обработка	Солома свежая	Солома 6-месячная
Увлажнение*	5,3	10,1
Увлажнение+замачивание**	15,8	15,5

** Полив соломы на площадке 2-3 дня*
*** Замачивание на 48-60 часов в воде*

Термическая обработка

Способы обработки субстрата

Существует несколько основных способов термической обработки субстратов для выращивания вешенки и кольцевика: **стерилизация, пастеризация, гидротермическая обработка, ксеротермическая обработка, ферментация.**

Стерилизация может быть ***жесткой*** (давление пара 1-2 атмосферы и температура 120-130°С) и ***мягкой*** (атмосферное давление и температура 100°С). При стерилизации уничтожаются все микроорганизмы в вегетативной и даже споровой форме.

Менее жесткая обработка - это **пастеризация**. Классическая пастеризация это обработка паром увлажненного субстрата. При пастеризации жизнедеятельность микроорганизмов приостанавливается, но споры бактерий и некоторых грибов выживают. Пастеризация может быть мягкой (60-65°С), умеренной (70-80°С) и жесткой (90-100°С).

Гидротермическая обработка - это вариант пастеризации, когда субстрат погружают в горячую воду.

Ксеротермическая обработка - это термообработка паром сухого субстрата с дальнейшим увлажнением чистой водой.

Ферментация - это самая мягкая термическая обработка, предназначенная для накопления полезной термофильной микрофлоры, антагонистичной конкурентным плесеням.

Кроме термической обработки субстрат иногда подвергают воздействию **жесткой радиации (физическая обработка)**, **химических препаратов (химическая обработка)** или **микробиологических препаратов (микробиологическая обработка)** (табл.).

Таблица
Способы обработки субстрата

Обработка	Варианты	Температура (°С)	Экспозиция (час)
Термическая	жесткая	110-130	1-4
Стерилизация	мягкая	100	8-16
Пастеризация	Ксеротермическая (сухая) Гидротермическая (водная) Пастеризация влажного субстрата	100 60-100 60-100	1-4 1-24 1-24
Ферментация	Аэробная, анаэробная	45-55	24-48
Физическая	Стерилизация радиационная	-	0,1-0 5

Химическая	Химические препараты	-	1-24
Биологическая	Препараты термофильных организмов, дрожжи, естественная микрофлора	25-50	24-120

В практике наибольшее распространение получили термические методы обработки субстрата и, в частности, **пастеризация**. В некоторых случаях, когда однократная обработка не дает желаемых результатов, применяют **дробную термическую обработку (стерилизация или пастеризация) с перерывом между обработками до 16-24 часов.**

Влияние термообработки на химический состав и микрофлору субстратов.

Термообработка субстрата выполняет несколько задач:

- уничтожение конкурентных и паразитических микроорганизмов и вредителей;
- создание условий для колонизации субстрата мицелием;
- стимулирование развития полезной термофильной микрофлоры, повышение селективности субстрата (при мягкой обработке);
- частичная термическая деструкция лигноцеллюлозного комплекса, облегчающая ферментативный гидролиз субстрата мицелием.

В зависимости от уровня воздействия термообработки уничтожаются различные группы организмов (рис.). В первую очередь, погибают нематоды, клещи, насекомые, затем вегетативные формы микроорганизмов. Относительно термостойки вирусы и споровые формы грибов.

Рисунок (*в данной публикации отсутствует*)

Наибольшую термостойкость проявляют споры бактерий, которые выдерживают обработку при 100оС и погибают только при жесткой стерилизации паром под давлением при температуре 120-130°С (табл.). Результат термической обработки зависит от времени воздействия высокой температуры или экспозиции (табл.). Чем длительнее обработка, тем сильнее эффект.

Таблица
Влияние способов обработки на микрофлору субстрата

Обработка	Темп. режим	Эндоспоры бактерий	Споры грибов	Вегетативные формы
Стерилизация жесткая	120-30°	-	-	-
Стерилизация мягкая	100°	+	-	-
Пастеризация	70-90°	+	+/-	-
Пастеризация-ферментация	60-65°	+	+/-	+ (накопление термофилов)
Ферментация	45-55°	+	+	+ (накопление термофилов)

+ выживают, - погибают, +/- выживают частично.

Таблица
Термическая устойчивость микроорганизмов

Группа	Летально для 1000 000 клеток
Дрожжи, плесени бактерий (неспоровые)	80°С 10 мин
Спорообразующие бактерии	110°С 30 мин, 120°С 5 мин

Термостойкие спорообразующие бактерии	120°С 45 мин

Количество выживших микроорганизмов зависит как от экспозиции, так и от начального их уровня. Чем выше инфицированность исходного сырья, тем больше вероятность выживания конкурентных организмов после термообработки (рис.).

Для повышения эффективности термообработки применяют **дробную стерилизацию** или пастеризацию. Первая обработка уничтожает все вегетативные формы и термочувствительные споры. После обработки субстрат оставляют на сутки остывать. В этот период термостойкие споры начинают прорастать, так как их прорастание стимулируется сильным термическим воздействием. Повторная термическая обработка эффективно уничтожает проросшие споры. В случае дробной обработки суммарную экспозицию субстрата при температуре несколько уменьшают.

Мягкая термообработка или ферментация при 45-55°С способствуют накоплению в увлажненном субстрате полезной термофильной микрофлоры, большей частью бактерий рода Bacillus. **При благоприятных условиях за 24 часа количество бактерий увеличивается в 100-300 тысяч раз, что обеспечивает высокий уровень селективности субстрата. Хорошие результаты дает сочетание - пастеризация при 65-70оС (уничтожение конкурентной микрофлоры и вредителей) и ферментации при 45-55°С (накопление полезной микрофлоры).**

При термообработке, особенно жесткой, происходят сложные химические реакции, приводящие к частичному гидролизу растительных полисахаридов (целлюлоза, гемицеллюлоза) и деструкции лигнина. Эти изменения существенно **повышают доступность лигноцеллюлозного комплекса не только для мицелия вешенки, но и для конкурентных плесеней.** Кроме того, в результате термического гидролиза полисахаридов в субстрате накапливаются растворимые сахара, легкодоступные для микрофлоры. **Длительная жесткая термическая обработка при температуре выше 100°С приводит к образованию циклических фенольных соединений, типа фурфурола, которые токсичны для мицелия.** Субстрат при этом коричневеет или «карамелизуется».

Рисунок
Зависимость между температурой и экспозицией, летальной для микроорганизмов.(*в данной публикации отсутствует*)

Стерилизация

Стерильные технологии

Стерилизация - это самая жесткая термическая обработка субстрата, благодаря которой погибают все микроорганизмы и, в том числе, их споры. Субстрат полностью освобождается от конкурентных организмов, и развитие мицелия съедобных грибов проходит в наиболее благоприятных условиях. На основе стерилизации разработаны стерильные технологии культивирования многих съедобных грибов, преимущественно ксилотрофов, таких как вешенка, шиитаке, фламмулина, лаковый трутовик и т.п. Стерильные технологии культивирования широко применяются в странах Юго-Восточной Азии, где разработаны полностью автоматизированные "заводы" по выращиванию фламмулины, гипсицигуса и других деликатесных ксилотрофных грибов. Используются и более простые схемы, рассчитанные на ручной труд. Субстрат стерилизуют при повышенном давлении в автоклавах (жесткая стерилизация) или при атмосферном давлении в металлических контейнерах (мягкая стерилизация). Размеры субстратных блоков для стерильной технологии обычно небольшие, масса их находится в пределах 1-4 кг. Инокуляцию субстрата проводят в стерильных условиях. Заращивание или инкубацию субстрата ведут в нестерильных условиях в термостатируемых помещениях. При этом емкости обеспечивают сохранение стерильных условий в субстрате. В период плодоношения емкости открывают и проводят культивирование в таких же условиях, как при нестерильных технологиях. По стерильной технологии можно выращивать все виды вешенки, но особенно требовательны к условиям стерильности сорта и виды вешенки, чувстви- тельные к бактериальным метаболитам, например, вешенка абалоне (Pleurotus cystidiosus).

Стерильные технологии достаточно дороги по затратам, но зато могут дать возможность работать на очень богатых субстратах (содержание азота 2-4%) и получать урожай до 40-50% от сырой массы субстрата. На площади в 100 кв.м. можно разместить все стерильное производство, которое будет давать до 2 тонн грибов за цикл (2 месяца). Кроме того, стерильное производство можно достаточно легко переориентировать на приготовление субстратного мицелия (на опилках, лузге или соломе). Стерильная технология достаточно универсальна и позволяет выращивать многие виды съедобных ксилотрофных грибов, в том числе и лечебных (шиитаке, лаковый трутовик и др.).

Основные характеристики процесса стерилизации даны в табл.

Таблица
Характеристика процесса стерилизации субстрата.

Параметры	Стерилизация	
	жесткая	**мягкая**
Давление	1-2 атм.	Атмосферное
Температура	110-130°С	100°С
Время обработки	1-4 часа	8-16 часов
Термический гидролиз	Выраженный, образуются растворимые сахара, происходит делигнификация целлюлозы	
Селективность субстрата	Полностью теряется	
Микрофлора	Погибают все организмы в вегетативной фазе и споры грибов и бактерий	
Экзогенная защита	Применение беномила неэффективно	
Мицелий	Стерильная фасовка	
Емкость для субстрата	Термостойкие пакеты, банки, бутыли с микропористыми фильтрами	
Влажность субстрата	Не более 70% (60-65%)	
Условия инокуляции	Стерильный бокс, ламинарный шкаф	
Масса субстратного блока	1-4 кг	

Жесткая стерилизация

Жесткая стерилизация или стерилизация под давлением проводится в специальных устройствах - автоклавах или стерилизаторах. Используют различные варианты электрических автоклавов, например вертикальные (ВК-75), горизонтальные (ГК -100) или проходные (ГПД - 400, ГПД-560 и т.п.). Паровые стерилизаторы работают от внешнего источника - пара парового котла или сетевого пара. Наиболее удачный, с точки зрения защиты от инфицирования, вариант проходного автоклава или стерилизатора. В этом случае загрузку емкостей с субстратом ведут с грязной подготовительной зоны, а выгрузку производят в чистую зону. Чистая зона обычно держится под избыточным давлением фильтрованного воздуха (фильтры грубой и тонкой очистки). **Жесткая стерилизация широко используется для производства посевного мицелия съедобных грибов**. Общие принципы стерильных работ практически одинаковы при подготовке стерильного субстрата для плодоношения и зернового носителя для посевного мицелия. **Отличие заключается в том, что для мицелия используют более богатые среды (зерно злаков) и поэтому требования к стерильности существенно выше**. Выращивание вешенки и строфарий по стерильной технологии довольно широко практикуется в странах Юго-Восточной Азии. Субстрат стерилизуют при культивировании некоторых слабоконкурентных видов вешенки, например, вешенки "абалоне" Pleurotus cystidiosus. Масса субстратных блоков невелика и составляет 1-3 кг (табл.).

Таблица
Культивирование вешенки "абалоне" Pleurotus cystidiosus.

Параметры	Характеристика
Композиция субстрата	Опилки лиственные-80г, очесы хлопка-20г, отруби риса-15г, мел-5г
Влажность субстрата	60-65%
Емкость для субстрата	Полипропиленовые мешки с кольцом и ватной пробкой
Масса блока	1-3 кг
Режим стерилизации	1,1-1,5 атм. 1-2 часа
Инокуляция	В стерильном боксе или ламинарном шкафу
Инкубация	В чистом термостатируемом помещении
Плодоношение*	В теплицах, на стеллажах при 4-30°С

**Пакеты открывают с одной или двух сторон или снимают совсем.*

Рассмотрим основные этапы стерильной обработки:

1. Приготовление субстратной смеси (композиции)

Для древесных отходов (опилки, щепа, кора) стерилизация - самый подходящий метод обработки. Используют преимущественно древесные опилки лиственных пород и некоторых хвойных (сосна, кедр) в смеси с питательными (отруби, зерно, мука семян бобовых и т.п.) и минеральными (мел, гипс, известь) добавками.

2. Увлажнение субстрата

После тщательного перемешивания компонентов субстрат увлажняют водой, но так чтобы не было излишков свободной воды. При сжимании в руке вода не должна вытекать из субстрата. Так как инкубация субстрата проходит в закрытой емкости и испарение воды минимально, то оптимальный уровень влажности субстрата составляет 60-65%. **Избыток воды очень часто приводит к развитию бактериальной инфекции.**

3. Фасовка

Увлажненный субстрат сразу фасуют в термостойкие емкости: банки или полипропиленовые пакеты. Если увлажненную смесь оставить на длительное время (12-24 часа), то в субстрате начнется развитие конкурентной микрофлоры, что может сильно осложнить затем процесс стерилизации. Стеклянные банки (2-3л) заполняют субстратом полностью до горлышка. Затем колышком делают в субстрате канал диаметром 25-30 мм до дна банки. Плотность субстрата получается в пределах 0,4-0,6. Банки закрывают термостойкими крышками (полипропиленовые, резиновые) с фильтром воздуха (отверстия для воздухообмена). Полипропиленовые пакеты бывают двух типов: 1) с вклеенным микропористым фильтром и 2) без фильтра. Пакеты заполняют субстратом на 2/3 объема. Субстрат не уплотняют, а только придают блоку нужную форму. Самоуплотнение субстрата происходит во время инкубации. Однако, если используют узкие цилиндрические мешки, то можно уплотнять субстрат руками или механическим прессом. Верх пакета продевают через кольцо из термостойкого материала (диаметр 30-50 мм) и закрывают ватной пробкой. У пакетов с фильтром верх мешка завертывают несколько раз и для надежности закрепляют прищепкой.

4. Размещение емкостей

Емкости с субстратом располагают в стерилизаторе не вплотную, а на небольшом расстоянии друг от друга ярусами на решетках так, чтобы воздух мог циркулировать между ними. Такое расположение обеспечит равномерное распределение пара и нагрев субстрата и существенно снизит время стерилизации. Если емкости уложить вплотную, то стерилизоваться будет не отдельная емкость массой 1-3кг, а вся партия субстрата массой 50-100 и более кг. Для разогрева такой массы нужно намного больше времени. Емкости, находящиеся по краям, простерилизуются нормально, а

находящиеся в центре будут недостерилизованы. Придется значительно увеличивать время стерилизации, а это может отрицательно сказаться на качестве субстрата.

5. Продувка

После загрузки автоклава самое важное значение приобретает характер перераспределения холодного воздуха камеры при запуске в нее пара. Если нет хорошей продувки камеры, то оставшийся холодный воздух может создать ложное впечатление избыточного давления пара. Поэтому очень хорошо иметь температурный датчик в камере автоклава. При давлении 1,5 атмосферы температура в камере должна достигнуть 121оС. Взаимосвязь температуры и давления подчиняется закону Бойля, но только если воздух в камере нагрет равномерно. Датчики позволяют контролировать температуру и в камере, и в субстрате. На самом деле отсчет времени начала стерилизации надо начинать, когда разница в температуре воздуха и субстрата не будет превышать 10оС. Температура субстрата достигает температуры воздуха камеры только через 1-2 часа! При увеличении массы блока выравнивание температуры еще более замедляется. Таким образом, хорошая продувка перед стерилизацией является важным и необходимым техническим приемом. Проведение стерилизации в небольших объемах в скороварке, можно отсчитывать время с момента закипания. И после этого можно закрыть крышку и начать отсчет времени.

6. Режим стерилизации

Для полной стерилизации твердых сред достаточно обрабатывать их при температуре 120 - 125оС и давлении 1,5-2,0 атмосферы в течение 1-3 часов в зависимости от объема стерилизатора и массы емкости субстрата. Чем больше стерилизатор и масса субстратного блока, тем продолжительнее обработка. Время обработки приходится увеличивать также с увеличением питательности субстрата или повышенной инфицированностью сырья. Минимальное время обработки 1 час (для маленьких блоков), максимальное 3-4 часа. Более длительная обработка приводит к перестерилизации. В этом случае опилки становятся темно-коричневыми, меняется их запах. Субстрат становится токсичным по отношению к мицелию. Продолжительная стерилизация вызывает сложные химические реакции превращения растительных терпенов в летучие масла и токсичные продукты типа фурфурола. Для небольших объемов, помещаемых в скороварку, это время может достигать 45 минут от начала закипания.

7. Охлаждение

Когда автоклав отключают, то давление и температура в камере начинают медленно снижаться. В идеале при этом в камере должен образоваться вакуум. Если автоклав не держит вакуум, то при остывании он **засасывает холодный нестерильный наружный воздух**, который надо фильтровать. Автоклав, имеющий размах давления от +2 атм. до -2 атм. (вакуум) обеспечивает хорошее качество стерилизации, так как при таком перепаде давления (4 атм.) биологические структуры более активно разрушаются. Прежде чем открывают автоклав, выравнивают давление, впуская наружный воздух в камеру через ватный фильтр. Помещение автоклавной должно быть чистым для предотвращения инфицирования стерильных емкостей (когда нет проходного автоклава). В небольших объемах можно оставить субстрат остывать в скороварке.

8. Выгрузка

Открывают люк стерилизатора. Субстрат в емкостях еще горячий. Если автоклав проходной, можно подождать до момента, когда субстрат остынет и выгружать его в чистую зону. Если автоклав не проходной и его выгрузка ведется в грязной зоне, то лучше выгрузить субстрат горячим и поместить его для остывания в стерильный бокс под УФ-лампами. Помещение автоклавной должно быть по возможности чистым. Субстрат иногда оставляют остывать в автоклаве (на ночь). В этом случае воздух в автоклав должен поступать через ватный фильтр.

9. Инокуляция

Инокуляцию субстрата проводят в стерильном боксе с соблюдением правил стерильной работы. Лица, работающие в стерильной зоне, не должны быть использованы перед этим на грязных работах. При работе в боксе одевают стерильный белый халат, шапочку, марлевую маску. Ежедневно проводят дезинфекцию рабочего стола в боксе и инструментов. Помещение бокса дезинфицируют перекисью водорода (3-6% р-р) или гипохлоритом натрия (2-5% р-р), или облучением УФ-лампами. Контроль чистоты воздуха в стерильной зоне проводят один раз в неделю, в нестерильной зоне - раз в месяц (седиментация колонеобразующих частиц на питательной агаровой среде в чашках Петри). Хорошие стерильные условия создаются в рабочей зоне ламинарных шкафов за счет тонкой очистки воздуха через фильтры HEPA или ткань Петрянова.

На стерильном субстрате в отсутствии конкурентов развитие мицелия идет быстро, и это позволяет снизить норму посевного мицелия с 5% до 1 -2% от сырой массы субстрата. Мицелий должен быть в стерильной упаковке, неперетаренный. Мицелий либо рассыпают по поверхности субстрата (поверхностная инокуляция), либо засыпают в канал (глубинная инокуляция), или смешивают равномерно с субстратом, или послойно. После инокуляции емкости переносят в чистое термостатируемое инкубационное помещение.

При стерильной технологии получают неплохие результаты на древесных субстратах, обогащенных азотными питательными добавками. В этом случае урожайность вешенки достигает уровня 100% от сухой массы субстрата (табл.).

Таблица
Урожайность вешенки на стерилизованных опилках,
(биологическая эффективность, %)

Субстрат	**Штамм**		
	Львовский	НК-35	Р-77
Лузга подсолнечника(контроль)*	122	94	92
Опилки березы**	120	98	141
Опилки сосны**	95	99	62
Опилки липы**	104	91	72
Опилки кедра**	90	68	68

Состав субстрата:
** лузга – 97%, гипс – 3%;*
*** опилки – 82%, гипс – 3%, отходы кунжута - 15% (питательная добавка).*

P.S. Субстрат, смешанный и увлажненный до 60-65%, фасовали в 3-х литровые банки. Банки закрывали фольгой и крафт-бумагой. Субстрат стерилизовали 1,5 часа при 1,5 атмосферах в автоклаве. Инокулировали субстрат в стерильном боксе. Мицелий вносили в канал и распределяли по стерильной поверхности. После полного обрастания крышки снимали и банки переносили в камеру плодоношения. Банки располагали на стеллажах лежа. Данные в таблице показывают урожаи за 2 волны плодоношения.

Мягкая стерилизация.

Обработка субстрата паром при атмосферном давлении и температуре 100оС в течение 8-16 часов называется мягкой или атмосферной стерилизацией. Такой тип обработки можно реализовать, используя простые металлические контейнеры, в которые подают пар из парогенератора. Емкости размещают на сетчатых решетках. Другой вариант запарника также прост в исполнении. Под решетчатым ложным днищем монтируют ТЭНы. Заливают воду по уровню решетчатого днища.

Емкости расставляют в несколько ярусов на решетках. Вода нагревается до кипения и образующийся пар стерилизует субстрат.

Многие грибоводы не имеют возможности приобрести (высокая цена) или установить автоклавы большого объема (ограничения из-за строгих требований "Котлонадзора"). Размер камеры автоклава - это основной лимитирующий фактор. Для устройств, работающих при атмосферном давлении, нет затруднений ни в их установке, ни в цене, ни в объемах. Металлические запарники стоят на порядок или даже более дешевле, чем автоклавы того же объема. Расход электроэнергии запарником в расчете на кг субстрата меньше, чем автоклавом, в том случае, если конструкция запарника утеплена. При установке 3-5 запарников объемом каждого в 1 куб.м. можно стерилизовать в смену 600-1000 кг субстрата. При использовании богатой питательными веществами среды можно получать урожай 40-50% от сырой массы субстрата или до 240-400 кг вешенки в смену. Для инокуляции можно использовать как зерновой, так и субстратный мицелий. Кстати, субстратный мицелий можно производить также методом мягкой стерилизации (**однако для производства зернового посевного мицелия пригодна только жесткая стерилизация**). Некоторые параметры выращивания вешенки по стерильной технологии на лузговом субстрате даны в таблице.

Таблица
Мягкая стерильная обработка субстрата на основе лузги

Показатели	Характеристика
Композиция субстрата	Лузга подсолнечника – 90-95%, ядро- 5-10%, мел – 1-2%
Влажность	65-70%
Плотность	0,5-0,6 кг/л
Емкость	2-3 л стекл. банки
Стерилизация	10-14 часов при 100 оС
Инокуляция	1) Поверхностная – 1% мицелия2) Глубинная (в канал) – 2-3% мицелия
Инкубация	1)25-30 сут. 2)14-20 ст.
Мицелий	Стерильный зерновой или субстратный
Плодоношение	2-3 волны. Продуктивность – 35-50%.

Рассмотрим более подробно отдельные этапы технологии.

1. Заготовка сырья и хранение

Заготавливают сухую, чистую, без признаков плесневения и гниения лузгу. Содержание в лузге 5-10% дробленых зерен сильно повышает урожайность. Если лузга чистая без ядра, то можно использовать любые органические белковые добавки.

2. Приготовление субстратной смеси

Субстратная смесь может содержать от 1 до 2% общего азота. Компоненты смеси равномерно смешивают.

3. Увлажнение

Лузгу или субстратную смесь увлажняют до влажности 65-68%. Лишней воде дают стечь. Для стерильной технологии pH субстрата можно держать в пределах 6-7 - это оптимально для роста мицелия.

4 Фасовка

Субстрат плотно укладывают в банку до самого горлышка. В субстрате делают колышком канал до дна диаметром 30 мм. Банки закрывают сверху фольгой, полиэтиленом или другим влагостойким

материалом и закрепляют аптечной резинкой. В 3-х литровую банку входит до 1,5-1,8 кг влажного субстрата.

5. Размещение

Банки размещают вплотную друг к другу по ярусам. В 1 м3 запарника размещается 120 банок (по 3 л).

6. Стерилизация

Перед закладкой банок доливают воду в запарнике до уровня решетки (~15 см от днища). ТЭНы монтируют на расстоянии 5-7 см от днища. За 16 часов стерилизации испаряется слой воды до 3-5 см. Запарник сверху закрывают крышкой (металл). Для экономии электроэнергии запарник утепляют и устанавливают в верхней части термодатчик, периодически отключающий ТЭНы. Время стерилизации подбирают для каждого типа субстрата, но в целом оно составляет от 8 до 16 часов без учета разогрева (~1,5 - 2 часа). Перестерилизации при таком режиме не бывает. Температура в запарнике колеблется от 95 до 100°С (рис).

7. Охлаждение

После отключения ТЭНов банки охлаждают 2-3 часа и еще относительно горячими переносят в бокс на последующее охлаждение до 25-28оС. Если запарник сделать в виде проходной камеры с выгрузкой банок в чистой зоне, качество обработки существенно возрастет. Охлаждают банки в чистой зоне или боксе под УФ лампами. Если количество банок велико, то лучше сделать для остывания специальное чистое помещение и переносить в бокс уже охлажденные банки.

8. Инокуляция

Субстрат инокулируют стерильным зерновым мицелием, быстро насыпая его в канал и немного распределяя с поверхности субстрата. Норма посева 1 -2% мицелия. Субстратный мицелий размельчают металлическим стерильным крючком или пинцетом и определенную порцию заталкивают в канал. Расход субстратного мицелия до 5-7%. За 1 час два человека могут засеять до 100 банок с субстратом. Многие сорта и штаммы вешенки, потерявшие способность расти на нестерильном субстрате (низкая конкурентоспособность), отлично развиваются и дают высокий урожай на стерильном субстрате.

Стерильная технология позволяет использовать высокопитательные среды на основе отходов мукомольного, пивного, кондитерскою и других производств. При достижении урожайности на уровне 40-50% от массы субстрата даже баночная технология становится высокорентабельной. **Недостаток баночной технологии состоит в том, что стеклянные банки бьются и их трудно мыть после окончания цикла. Сейчас делаются попытки производства пластиковой разборной емкости, которая снимет эти недостатки. Кроме того, остается вариант использования одноразового термостойкого полипропиленового пакета или пакета из полиэтилена высокого давления (выдерживает температуру выше 110оС).**

Пастеризация

В отличие от стерилизации пастеризация обеспечивает гибель преимущественно вегетативных форм микроорганизмов. Споры многих микроорганизмов, особенно термофильных, остаются живыми и при наступлении благоприятных условий прорастают. Таким образом, пастеризация на некоторое время делает субстрат свободным от вредителей и конкурентных микроорганизмов, что обеспечивает благоприятные условия для развития мицелия. После пастеризации жизнедеятельность микроорганизмов приостанавливается, они не выделяют токсичные для мицелия метаболиты. Однако довольно быстро микрофлора субстрата начинает восстанавливаться. В первую очередь, восстанавливается бактериальная микрофлора, позднее начинают прорастать споры грибов и, в том числе, конкурентных плесеней. При соблюдении санитарно-гигиенических правил и качественной, равномерной пастеризации **субстрат может сохраняться "чистым" в течение 7-10 дней.**

Селективность субстрата повышается при проведении мягкой пастеризации (60-65°С) за счет размножения полезной термофильной бактериальной микрофлоры.

Нестерильные технологии

На основе пастеризации были разработаны различные варианты нестерильных технологий, где все этапы технологической цепочки проводятся **в нестерильных, но по возможности, чистых условиях.** Пастеризация субстрата осуществляется в различных вариантах:
1 Классическая пастеризация (обработка паром увлажненного субстрата).
2 Гидротермическая обработка (обработка субстрата в горячей воде).
3 Ксеротермическая обработка (обработка паром сухого субстрата с последующим увлажнением водой).

Нестерильные технологии получили широкое распространение при выращивании быстрорастущих, конкурентоспособных штаммов и видов грибов, как в небольших объемах, так и в крупных механизированных

Перфорация пленки

Инокулированный субстрат, покрытый пленкой, защищен от высыхания, так как под пленкой относительная влажность воздуха приближается к 100%. Пленка задерживает до 98% испарения с поверхности субстрата. Кроме того, пленка ограничивает воздухообмен, создавая внутри субстрата избыток CO_2, что стимулирует рост мицелия. Однако мицелий аэробный организм, которому необходим кислород для нормальной жизнедеятельности. Оптимальный уровень CO_2 для роста мицелия внутри субстрата 20-25%. Для создания такой концентрации CO_2 пленку перфорируют так, чтобы площадь открытой поверхности субстрата не превышала 3-6%. Есть разные типы перфорации:

1. **Микроперфорация.**
   В пленке делают отверстия диаметром 1-3 мм, в количестве от 100 до 500 на $м^2$ пленки.

2. **Макроперфорация.**
   Круглые отверстия диаметром 10-35 мм, в количестве от 50 до 300 на $м^2$ пленки.

3. **Смешанный тип.**
   Микроперфорация (3 мм) с крестообразными прорезями длиной 25-35 мм (Stamets).

4. **Прорези.**
   Крестообразные (25-35х25-35 мм), продольные (40-80 мм), угловидные (30-40 мм). Пленка имеет различную проницаемость для кислорода в зависимости от состава и толщины слоя. Чем толще пленка, тем меньше ее проницаемость для воды, кислорода и углекислого газа. Только для варианта прессованных блоков субстрата, упакованных в тонкую пленку (20 мкм) имеет смысл учитывать эти свойства пленки. Обычно используемые пленки толщиной 80- 120 мкм малопроницаемы для воздуха и воды.
   С помощью перфорации можно регулировать размер отдельных грибов и грибных сростков

вешенки. Выход грибов зависит от массы субстрата в емкости. Допустим, что субстратный блок выдает за одну волну 9 кг грибов. Если мы имеем на блоке 20 мелких перфорации (диаметром 10-15 мм), то каждая из них даст небольшие сростки примерно по 100 гр.. Если блок имеет 4-6 крупных прорезей (6-8 см), то на каждой из них образуется крупная друза по 400-500 гр., состоящая из множества мелких и средних грибов. Если на блоке будет 8-10 средних отверстий (диаметром 20-30 мм), в них образуются сростки по 200-250 гр., содержащие средние и, возможно, крупные грибы. На полностью открытой поверхности блока образуется много довольно мелких грибов, обирать которые труднее, чем крупные, компактные сростки.
Семи килограммовые (7,4 кг) субстратные блоки в мешках, 35 см. шириной и 70 см. длиной, может иметь только 4 вертикальных надреза длиной 8 см., с одной стороны, расположенных в шахматном порядке. И обрезанные углы с отверстием 2 см.. Такие мешки применяются для выращивания вешенки.

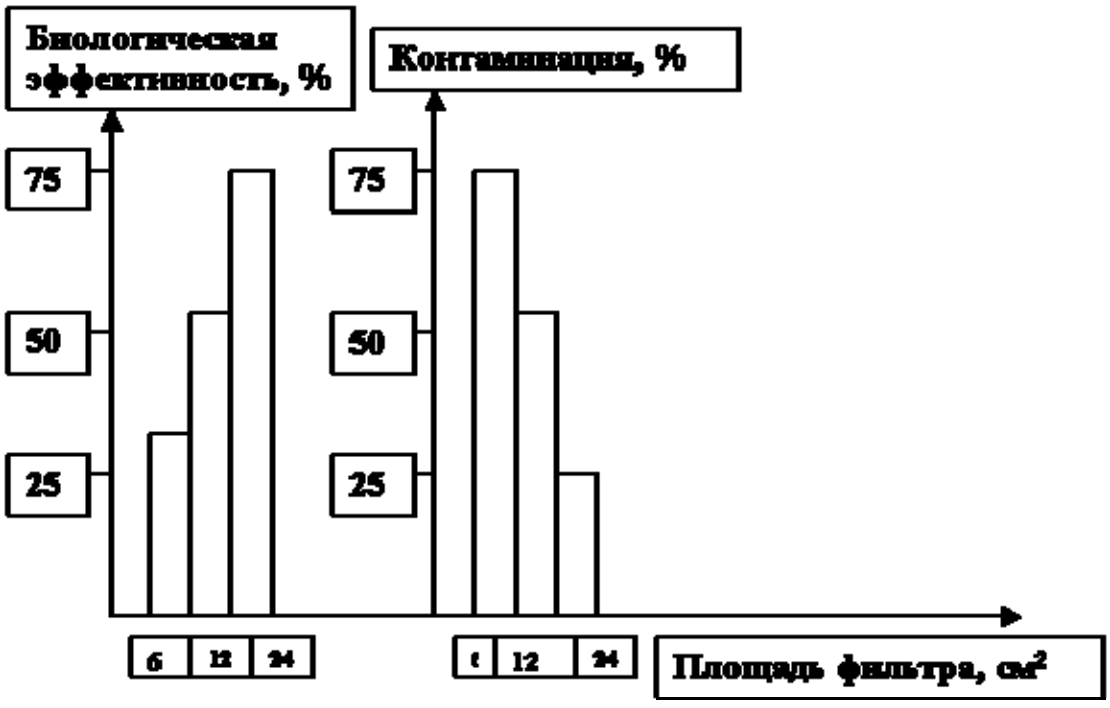
Фильтры.

Для стерильной технологии емкости закрывают фильтрами, которые обеспечивают сохранение стерильности субстрата. Используют различные типы фильтров:

1. Ватные пробки (из плотно скрученной ваты) для бутылей,
2. Ватно-марлевая пробка для бутылей,
3. Асбестовый микропористый фильтр для банок,
4. Микропористые полиамидные или фторопластовые фильтры для п/п пакетов.

Для полипропиленовых термостойких пакетов вклеивают в пленку микропористые фильтры в виде кружков, квадратов или полосок. Фильтр лимитирует газообмен в пакетах. Чем меньше размер фильтра, тем больший уровень CO_2, накапливается в субстрате. Если он превышает 25%, то начинается торможение роста мицелия. Инфицируемость субстрата также увеличивается при малом размере фильтра еще и потому, что диффузия газов через меньшую площадь фильтра происходит с большей скоростью и вызывает контаминацию или инфицирование.

Зависимость урожайности и контаминации субстрата от площади микропористого фильтра



Открытые системы.

Открытые системы культивирования широко распространены в странах Юго - Восточной Азии, где этому благоприятствует влажный, теплый морской климат.

Субстрат инкубируют в пленке и после инкубации, снимают пленку и выставляют блоки на плодоношение. Субстрат полностью открыт, и воздухообмен проходит достаточно интенсивно. Для открытых систем характерны большие потери CO_2, который свободно диффундирует из субстрата. Выделение CO_2 составляет в период плодообразования 0,1 г на 1 кг субстрата в час. При "сгорании" углеводов из субстрата выделяется тепло, углекислый газ и вода.

Около 30% энергии расходуется на поддержание метаболизма мицелия, а 70% выделяется в окружающую среду. **Для выращивания 1 кг грибов требуется 220 г сухого вещества, из которых 90 г входят в состав плодовых тел, а 130 г сгорают для обеспечения энергией.**

$C_6H_{12}O_6 + O_2$ - -> $6CO_2 + 6H_2O$ + 674 Ккал

Zadrazil приводит следующие данные для выращивания вешенки на соломистом субстрате в открытой системе: за цикл плодоношения с 1 кг сухого вещества субстрата 50% углерода улетает с CO_2 (~ 250 г), 20% превращается в биологическую воду, 10% переходит в состав плодовых тел (= 1кг сырого веса грибов) и 45% остается в виде отработанного субстрата.

Преимущества открытой системы в том, что цикл культивации происходит быстрее, возможно эффективное увлажнение субстрата снаружи, обработка дезинфектантами. Однако недостатки тоже существенны: большие потери сухого вещества, мелкие грибы, увеличение опасности заражения, повышенная чувствительность к условиям климата.

Этой же технологией пользуются некоторые любители домашней культивации экзотических видов грибов, в том числе, и медицинских, сооружая теплицы, где поддерживается специальный микроклимат с высокой влажностью.

Данная практика малоэффективна, в смысле больших энергозатрат по обеспечению нужного микроклимата и меньшей продуктивности, по сравнению с другими системами.

Физико-химические параметры субстратного блока.

Плотность субстрата.

Плотность субстрата должны быть достаточно высокой, чтобы сформировался крепкий, цельный, не разваливающийся продукционный блок. Слишком рыхлая структура не обеспечит прочной связи компонентов субстрата. Для различных типов контейнеров характерен свой уровень уплотнения (табл.).

Таблица

Плотность субстрата для различных типов контейнеров.

Тип контейнера	Плотность (кг/л, т/м^3)
Стеллажи	0,30-0,40
Пакеты для стерильной технологии, бутыли	0,30-0,45
Пакеты для нестерильной технологии, колонны ящики, банки	0,35-0,55

Во всех случаях, там, где возможно, проводят уплотнение субстрата. Это позволяет накапливать внутри субстрата высокий уровень CO_2, что стимулирует рост мицелия и тормозит развитие конкурентов. Более плотный субстрат дает больший урожай в расчете на единицу объема. Однако уплотнение свыше 0,5-0,6 кг/л грозит образованием анаэробных зон и торможением роста мицелия из-за слишком низкого уровня газообмена.

Важный фактор для правильного плодоношения через перфорацию - это равномерное уплотнение блока и хорошее плотное прилегание пленки к субстрату. Субстрат должен изнутри распирать пленку и натягивать ее, либо наоборот, пленка должна обтягивать субстрат (самообжимающиеся пленки). Равномерное уплотнение достигается при хороших структурных свойствах субстрата (упругость), оптимальных размерах частиц (0,5-5,0 см), оптимальной влажности (65-70%) и достаточной прочности пленки, позволяющей создать необходимую плотность (0,35-0,55 кг/л).

Влажность.

Для закрытых систем, где субстрат упакован в пленку, или находится в банках, потери воды за счет испарения очень незначительны. Пленка снижает испарение по сравнению с открытой системой на 95-98%. Поэтому **оптимальная влажность субстрата для закрытых систем 65-70%.** Во время инкубации выделяется также внутри блока "биологическая вода" (при метаболических реакциях мицелия), что может привести к переувлажнению субстрата.

Для открытых систем влажность субстрата надо поддерживать на максимально возможном уровне (75-78%) и периодически между волнами плодоношения *с* помощью полива доувлажнять субстрат до необходимого уровня.

Для стерильной технологии, где используют пакеты или бутыли с фильтрами, переувлажнение особенно опасно, так как испарение очень незначительно, а появление свободной воды создает опасность развития бактериальной инфекции. Так для зерна, при производстве зернового мицелия, оптимальная влажность составляет 45-55%, а для субстратного мицелия и субстратов в стерильной технологии - около 60%.

pH.

В процесс термообработки pH субстрата может существенно изменяться. В момент инокуляции и фасовки pH субстрата должен быть слабощелочным (7,5-8,5), чтобы ограничить развитие конкурентных плесеней. Для стерильных технологий pH субстрата в емкостях может иметь слабокислую реакцию (5,5-7,0) или нейтральную - более благоприятную для роста мицелия (при отсутствии конкурентов).

Формирование блоков.

Ручное.

На многих фермах субстратные блоки для выращивания вешенки формируют вручную Субстрат смешивают с мицелием на рабочих столах и руками вносят в п/т емкости или п/э ящики По мере наполнения емкости субстрат уплотняют руками, толкушками или путем встряхивания пакетов Для удобства фасовки на рабочих столах делают бортики и специальные проемы для крепления п/э мешков Субстрат руками направляют в проем, и он падает в п/э мешок По мере наполнения мешок приподнимают и ударяют об пол, уплотняя субстрат Если мешок завязывается шнуром с двух сторон (заготовка из *п/э* рукава), то после заполнения и завязывания мешка, его можно перевернуть и "доуплотнить".

При послойной инокуляции в п/э пакеты закладывают слой субстрата (5-7 см) рассыпают немного посевного мицелия, вносят следующую порцию субстрата и уплотняют. Таким образом, операции повторяют, пока заполнится вся емкость. Склеенные двумерные пакеты имеют один недостаток при наполнении у них остаются пустыми углы. Если пакеты делают из рукава, завязывая его с двух сторон, такого не происходит и, кроме того, рукав всегда прочнее, чем пакет и его можно плотнее фасовать.

На качество фасовки влияет и диаметр п/э мешка Трудно хорошо уплотнить узкий и длинный мешок или слишком широкий и короткий

Перфорацию на п/э мешках наносят после фасовки, считая, что в неповрежденной пленке лучше уплотнять субстрат

Возможен и другой вариант. После заполнения в мешках делают микроперфорацию (заполненные мешки опускают на доску с гвоздями одной и другой стороной), а после размещения в камере инкубации делают макроперфорацию (прорези 4-6 см, круглую диаметром 20-30 мм, крестовидную 30х30 мм). Если есть опасность скопления излишней свободной воды в нижней части мешка, там делают несколько прорезей для стекания воды.

Существуют механизированные варианты уплотнения, которые мы в данной публикации выпускаем ввиду их неактуальности для той аудитории, к кому эта публикация обращена.

Штаммы вешенки

Штаммы вешенки можно разделить на две основные группы:

1. Штаммы "холодолюбивые", плодоносящие при температуре ниже 15^{o}C. Это преимущественно штаммы P.ostreatus. Окраска плодовых тел темно-серая или темно- коричневая. Сростки мясистые, отличного качества. Штаммы этой группы (Рх, Р1, Р4) предназначались для культивирования в осенне-зимний период в слабо отапливаемых помещениях.
2. Штаммы "теплолюбивые", плодоносящие при температуре выше 15^{o}C. Это "гибридные" штаммы P.ostreatus (НК-35) или штаммы более теплолюбивых видов вешенки (Р40, Р20, Р50, РЗО, Р74, Р77).

Штамм Рх наиболее распространен в культивировании из "холодолюбивых" штаммов вешенки Рх образует увесистые, мясистые плодовые тела пепельно серого или коричневого цвета Сростки большие Грибы отличного качества, неломкие, удобные в транспортировке Грибы появляются через 25 дней после инокуляции субстрата. Во время плодоношения оптимальная температура составляет 13 15°С при достаточно высоком уровне вентиляции.

В Европейской части культивируют преимущественно штаммы вешенки обыкновенной или гибридные штаммы, полученные скрещиванием P.ostreatus и P. Florida. В отличие от P.ostreatus гибридные штаммы имеют более широкий диапазон температуры плодоношения (14 - 25) и не требуют холодного шока для инициации зачатков грибов.

Строфарии в основном это теплолюбивые виды, растущие в основном в тропической, и меньше - в субтропической полосе. Некоторые виды, растущие в очень влажных и жарких областях плодоносят при температуре зарастания мицелия, и даже выше. Например, такой быстрорастущий и с сильным сопротивлением конкурентам вид "Камбоджия". Другие же виды, произрастающие в более прохладных областях США, Мексики требуют некоторого понижения температуры, по сравнению с температурой зарастания (28^{o}C) на 5 - 10 градусов. И лишь некоторым видам, типа азуресценс требуется холодовой шок, то есть помещение их в температуру около 5 ^{o}C. Так для плодоношения азуресценс требуется влажная погода при 5-10 ^{o}C ночью и 15 ^{o}C днем. Это обычно 15 октября - 15 ноября.

Условия культивирования вешенки

Характеристика условий культивирования вешенки

- инокулируют субстрат, охлажденный до температуры 25-28°С (это для всех видов грибов). Посевная норма - 30л мицелия на 1 тонну субстрата,
- во время инкубации температура воздуха не должна превышать 20°С, а температура субстрата 30°, во избежание развития конкурентной микрофлоры,

- в период плодоношения температура воздуха должна находиться в пределах 14-20°С, наилучшее качество грибов получают при низкой температуре воздуха - 14-16°С,
- первая волна плодоношения наступает через 4 недели после инокуляции. Грибы появляются равномерно, без резковыраженных волн плодоношения,
- важное значение имеет обеспечение большим количеством воздуха в период плодоношения. Относительная влажность воздуха в этот период поддерживается на уровне 8О-90%. Если она превышает 90%, появляется опасность развития бактериальной пятнистости. Потребность в освещении у сорта НК-35 невысокая, чем больше света, тем темнее окраска плодовых тел, при выращивании НК-35, также как и других сортов вешенки, необходимо соблюдать хорошую гигиену на производстве:
    - для борьбы с мухами использовать препараты синтетических пиретроидов (арриво, цимбуш и т.п.),
    - для борьбы с конкурентными плесенями опрыскивать емкости с субстратом 0,3% раствором 6еномила (10 литров раствора на 100 мешков). Не применять в период сбора урожая.

По урожайности европейские сорта вешенки можно разделить на три группы

1. Высокоурожайные, дающие 220 250 кг грибов с 1 тонны субстрата НК-35, Р-24, Рх,
2. Среднеурожайные, дающие 180-200 К1 с 1 тонны субстрата Р4, Р20, Р40, 3200,
3. Относительно низкоурожайные, дающие по 120-150 кг грибов с 1 тн субстрата. Это Р1, 3210 Сорт Р-24 также заслуживает внимания, благодаря высокой скорости плодообраэования и хорошей урожайности Окраска плодовых тел при низкой температуре темно-серая, при высокой - серая и светло-серая. Плодоношение возможно в широком диапазоне температур от 14-16° до 24-26° Российские лаборатории продают мицелий различных штаммов (нескольких видов) вешенки, в том числе достаточно много местных дикорастущих штаммов.

Посевной мицелий.

Посевной мицелий вешенки производится на различных материалах или носителях. Крупные зарубежные лаборатории (Sylvan) выращивают мицелий вешенки на просе и, реже, на ржи. Мицелий продается в больших 15 литровых полипропиленовых пакетах с микропористыми фильтрами для воздухообмена. Мицелий в таких упаковках стерильный и длительное время сохраняет высокую энергию прорастания при хранении в холодильных камерах с температурой О-2°С.

Российские лаборатории производят мицелий вешенки на зерне проса, ржи, ячменя, овса, пшеницы. Некоторые лаборатории производят субстратный мицелий вешенки, чаще всего на лузге подсолнечника. Мицелий продают как в стерильных упаковках (полипропиленовые мешки с фильтром), так и перетаренный в перфорированные полиэтиленовые пакеты. Конечно, перетаренный мицелий уступает по качеству стерильному. Здесь имеется в виду один аспект качества мицелия - стерильность. Кроме того, мицелий должен иметь хорошую энергию прорастания и всхожесть (скорость обрастания зерен мицелия после посева в субстрат и процент обросших зерен). Мицелий должен быть определенного сорта или штамма, и производитель мицелия обязан предоставлять грибоводу всю необходимую информацию для успешного выращивания вешенки.

Конкурентоспособность мицелия по отношению к плесневым грибам (триходерма и др.) - еще одна важная характеристика штамма. Некоторые штаммы настолько слабоконкурентны, что для нормального развития в субстрате приходится увеличивать норму посева до 10% и выше или переходить на стерильную обработку субстрата.

Мицелий, взятый для посева, должен иметь небольшой срок хранения (чем свежее, тем лучше). Пределы хранения и условия определяет лаборатория мицелия.

Хранение мицелия, подготовка к посеву.

Мицелий хранят в холодильниках или холодильных камерах при температуре О-2°С. Срок хранения мицелия в сильной мере зависит от штамма, материала носителя, упаковки, перфорации. Для отечественного мицелия это обычно 2-3 месяца, для импортного - до 6 месяцев. Субстратный мицелий хранится несколько дольше зернового (до 6-9 месяцев), вследствие более обедненного состава носителя.

Перед использованием мицелий за 16-24 часа до предполагаемого посева переносят из холодильника в помещение с комнатной температурой. К моменту посева температура мицелия должна приближаться к температуре субстрата. Это предотвращает "термический шок", когда холодный мицелий попадает в теплый (25-30^{o}С) субстрат и, кроме того, способствует более быстрому разрастанию мицелия в субстрате. До посева мицелий необходимо перевести из состояния "сросшегося блока" в полностью сыпучее состояние, облегчающее равномерное распределение посевного материала в субстрате. Мицелий можно слегка опрыскать из пульверизатора стерильной теплой водой (без образования луж) и дать ему тронуться в рост (опушиться) для усиления его активных свойств последующего зарастания.

Все манипуляции с мицелием проводят в чистых ящиках, чистым инструментом. Персонал, проводящий инокуляцию, одевает чистую одежду. Очень часто именно грязные халаты являются причиной распространения инфекции. Помещение, где проводят фасовку и инокуляцию субстрата, необходимо отделять от "грязной зоны" - зоны загрузки сырья на термообработку. Если такой возможности нет, то перед инокуляцией надо провести санитарную обработку помещения (влажная уборка, обработка 1 -2% гипохлоритом (хлорка - белизна)).

Анализ источников инфицирования субстрата спорами триходермы показывает, что на первом месте находятся два основных источника: рабочий персонал и органические остатки отработанного субстрата. Далее следуют инструменты, оборудование. На последнем месте - исходный необработанный субстрат. Таким образом, соблюдение санитарно-гигиенических правил является насущной необходимостью, особенно в помещении инокуляции.

Посевная норма и способы посева.

Посевная норма зависит от качества мицелия, штамма и вида гриба, от материала носителя. Мицелий на просе имеет в 4-5 раз больше точек инокуляции, чем мицелий на ржи или ячмене, при одинаковой норме посева. Поэтому норма просяного мицелия может быть снижена почти в 2 раза то сравнению с мицелием на основе крупного зерна (ячмень, рожь, пшеница). Зарубежные производители мицелия, например фирма Sylvan, рекомендуют вносить 30л просяного мицелия на 1 тонну субстрата (сырая масса) или 1,8% от массы. Российские производители мицелия рекомендуют вносить 50-60 л просяного мицелия (3,0-3,6%) или 80-100л мицелия на крупном зерне (4,8-6,0%). Субстратный мицелий вносят на уровне 6,0-8,0% от массы субстрата. В некоторых случаях, когда субстрат сильно инфицирован или штамм слабоконкурентен, норму посева увеличивают до 8-10% от массы субстрата (для мицелия на крупном зерне). В случае стерильной технологии посевная норма мицелия снижается до 1 -2% для крупного зерна и 0,5-1% для проса.

Зерно является собственным источником питательных веществ, поглощаемых мицелием. А так как питание напрямую связано с определенным количеством воды в субстратном блоке, которая ограничена и без которой питание не усваивается. Поэтому надо рассчитывать количество вносимого мицелия и как источник питания, которого не должно быть больше, чем нужно для колонизации субстратного блока и для полного усвоения питательных веществ.

Имеется несколько способов посева мицелия:

1. Поверхностный.
   Для стерильной технологии. Мицелий рассыпают по поверхности субстрата в банках или пакетах. Мицелий растет сплошным фронтом сверху вниз. Зарастание длительное 25-30 дней.

2. "В канал".
   Для стерильной технологии. Мицелий помещают в канал, пробитый в субстрате до стерилизации (в банках). Мицелий разрастается из центра во все стороны. Зарастание быстрое, около 14 дней.

3. Послойное
   Для нестерильной технологии. Мицелий вносят послойно, через слои субстрата толщиной 5-7 см. Техника удобна для некоторых несыпучих субстратов типа хлопковых очесов, соломы. Зарастание относительно быстрое 14-20 дней.

4. Смешанный
   Для нестерильной технологии. Мицелий смешивают с определенной порцией субстрата и затем фасуют в емкости. Этот метод используется всеми крупными производителями вешенки. Смешивание может быть ручное или механизированное в смесителях. Равномерное распределение мицелия при смешанном посеве способствует быстрому обрастанию субстрата мицелием (за 10-14 дней).

Во время посева температура субстрата должна быть в пределах 20-30°С, а влажность субстрата от 65 до 70% для всех видов грибов.

На этом заканчивается первая и вторая части книги по культивации. Основная часть материалов была взята из методических разработок ведущих отечественных и зарубежных грибоводов. В первую очередь мы выражаем свою признательность **Тишенкову А.Д.**, который сделал доступными знания по технологии культивации макромицетов широким массам грибоводов. А также - многим безвестным исследователям данной тематики, пожелавшим остаться неизвестными, но внесшими свой вклад в дело изучения условий благоприятного культивирования грибов. (vlnick).

Список используемой литературы:

1. Субстраты для культивирования вешенки, часть 1,2. М., 1999, Тишенков А.Д.
2. Psilocybin : Magic Mushroom Grower's Guide : A Handbook for Psilocybin Enthusiasts. by O. T. Oss, O. N. Oeric (Contributor).
3. Mushroom Cultivator : A Practical Guide to Growing Mushrooms at Home. by Paul Stamets, J.S. Chilton.
4. Tropical Mushrooms : Biological Nature & Cultivation Methods : Volvariella, Pleurotus, & Auricularia by S. T. Chang and T. H. Quimio.
5. Trichoderma species associated with the green mold epidemic of commercially grown Agaricus bisporus. Gary J. Samuels. Sarah L. Dodd
6. Major Oyster Mushroom Varieties for Fall Cultivation ,Cultivation Tips for Oyster Mushroom: Fruiting Writer: Jong-ho Won.
7. Chang, S. T., and P. G. Miles. 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 345 pp.
8. Stamets, P. and J.S. Chiton. 1983. The Mushroom Cultivator. Akarikon Press . Olympia, Washington. 414 pp.
9. Badham, E.R. (1982). Tropisms in the mushroom Psilocybe cubensis. Mycologia, 74, 275-279.
10. Allen, J.W., Gartz, J. & Guzman, G. (1992). Index to the botanical identification and chemical analysis of the known species of the hallucinogenic fungi. Integration, 2&3, 9197.
11. Gartz, J. (1986). Ethnopharmakologie and Entdeckungsgeschichte der halluzinogenen Wirkstoffe von europaischen Pilzen der Gattung Psilocybe. Zeitschrift fur Arztliche Fortbildung, 80, 803-805.
12. Riedlinger, T.J. (1990). The Sacred Mushroom
13. Seeker: Essays for R. Gordon Wasson.Dioscorides Press, Portland, OR. Schultes, R.E. & Hofmann, A. (1980).
14. Agurell, S., Blomkvist, S. & Catalfomo, P. (1966). Biosynthesis of psilocybin in submerged culture of Psilocybe cubensis. Act Pharm. Suecica, 3, 37-44.

15. Heim, R., Genest, K., Hughes, D.W. & Belec, G. (1966). Botanical and chemical characterisation of a forensic mushroom specimen of the genus Psilocybe. Journal of the Forensic Science Society, 6, 192-201.
16. Беккер А.М., Гуревич Л.С., Дроздова Т.Н., Белова Н.В. Индольные галлюциногены псилоцибин и псилоцин у высших базидомицетов. = Микол. и фитопатология, 1985, т. 19, вып6, с.440-449 - Беккер А.М., Гуревич Л.С., Дроздова Т.Н. Иванов А.М.,, Белова Н.В.Поиск псилоцибинсодержащих агариковых грибов на территории СССР. - Микология и фитопатология, 1988, т.22, вып.2,с 120-122.

Продолжение может быть последует (по заявкам читателей)

Способы формирования субстратных блоков

Варианты емкостей и контейнеров.

Культивирование вешенки - это уникальное по разнообразию технологии и технических решений явление в грибоводстве. Рассмотрение способов формирование субстрата для выращивания вешенки дает определенную картину этого явления, но, конечно, не во всей полноте.

Выбор типа контейнера или емкости для субстрата зависит от многих факторов: вида и сорта гриба, субстрата, технологии обработки субстрата, имеющегося оборудования и т.д. Для нормального плодоношения вешенка нуждается в равномерном освещении, что также накладывает ограничения на выбор контейнеров. Тем не менее, за последние десятилетия были разработаны всевозможные варианты культивирования вешенки, включая и традиционные для шампиньоноводства горизонтальные стеллажи. Некоторые методы культивации вешенок могут быть успешно применимы и для культивации строфарий.

Стеллажная культура.

Выращивание вешенки в шампиньонных камерах на горизонтальных стеллажах с применением всех уже разработанных элементов механизации было успешно осуществлено в Голландии и Канаде

Горизонтальный стеллаж.

Вариант 1.

Технология предусматривает загрузку обработанного субстрата из тоннеля пастеризации на стеллажи с одновременной инокуляцией, затем субстрат сразу покрывают тонкой (20 мкм) перфорированной п/э пленкой. Перфорацию делают равномерно на рулоне пленки до ее укладки, пленку рассверливают прямо в рулоне. **Пленка на 98% снижает испарение воды из субстрата. Тем не менее, в камере поддерживают высокую влажность, чтобы субстрат в местах перфорации не пересыхал.** Если зоны перфорации остаются сухими и коричневыми, а остальной субстрат побелел от проросшего мицелия, значит, в камере было сухо. Достижением этой технологии является то, что выращивание вешенки происходит в шампиньонницах без существенной реконструкции. Недостаток в том, что трудно достигнуть равномерного освещения. Ключ к успеху этой технологии в подборе видов и штаммов вешенки, которые образуют сростки плодовых тел строго по месту перфорации. Идеально, если примордии вешенки формируются в каждом отверстии. Зато данная технология хорошо применима в культивации строфарий.

Вариант 2.

Культивирование Pleurotus sajor - caju на горизонтальных стеллажах в шампиньонницах освоено в Канаде. Субстрат увлажняют до 70%, добавляют 3% соевой муки и пастеризуют прямо на стеллажах размером 1,52х1,52 м, высота слоя субстрата 15 см. Плотность укладки субстрата 0,3 кг/м. Субстрат инокулируют, прикатывают и сверху расстилают пленку толщиной 20 микрон, перфорированную. Сверху накрывают субстрат еще одним неперфорированным слоем пленки. Субстрат инкубируют 10

- 14 дней при 26-28°С и нерегулируемой влажности. После инкубации снимают верхнюю пленку, а перфорированная остается. Плодоношение проходит строго по местам перфорации, т. к. пленка очень хорошо и плотно облегает субстрат. Данный метод применим и для культивации строфарий.

Вертикальный стеллаж - стенка.

Горизонтальные стеллажи с субстратом, покрытым пленкой, и прижатым пластиковой или металлической сеткой, можно развернуть в вертикальное положение, чтобы образовалась вертикальная стенка. **Глубина слоя субстрата или ширина стенки не должна превышать 30 см,** что обеспечивает внутри субстрата аэробные условия и не вызывает перегрева. Вертикальные стенки можно легко составить из стеллажей размером 120х120 см или 120х240 см, которые открыты с одной стороны и легко заполняются.

Наклонный стеллаж - типа А.

Стеллажи с субстратом размещают под наклоном, что улучшает условия освещенности. Стеллаж напоминает букву "А". Используют такие же конструкции, как и в варианте вертикальных стеллажей. Система достаточно удобна в эксплуатации.

Пакеты.

Типы пленок.

Пластиковые пакеты являются удобным, недорогим, портативным и одноразовым контейнером для субстрата. Пакеты из полипропилена, выдерживающие температуру 135^{o}С, используют в основном в стерильных технологиях приготовления субстрата или в производстве мицелия. Для стерильных технологий можно также использовать пакеты из полиэтилена высокой плотности, выдерживающего 120^{o}С. Вместо привычных для многих культиваторов стеклянных банок используются пакеты. Их не надо мыть для повторного использования. Они пластичны в размерах. Через них происходит микрообмен воздуха. Для культивирования большинства ксилотрофных грибов необходима термостойкая, биодеградируемая и немного воздухопроницаемая пленка, по типу целлофана, но более водоудерживающая и менее "съедобная" для грибов.

Для нестерильных технологий с умеренной термической обработкой используют либо полиэтилен, либо поливинилхлоридную пленку (PVC). Пакетная технология была разработана первоначально для выращивания шампиньонов. Пакеты исключают контакт между мешками, между мешками и элементами стеллажей. Это в целом **ограничивает перекрестное заражение и распространение инфекции**, как это может происходить в стеллажной культуре в ящиках. Пленка **удерживает углекислый газ в субстрате, стимулируя рост мицелия**, снижает потери сухого веса с CO_2, существенно **ограничивает высыхание субстрата**. Прозрачная пленка позволяет наблюдать процесс развития мицелия в субстрате, но иногда способствует образованию слишком большого числа примордиев. Мешки из черной пленки благоприятствуют образованию примордиев преимущественно по местам перфорации, где они индуцируются светом.

В последнее время стали применять самообжимающуюся пленку, которая по мере уменьшения объема субстрата также уменьшается в размере. Ее используют в основном при формировании (прессовании) блоков в автоматизированных линиях. Такая пленка имеет толщину около 20 микрон и немного пропускает воздух.

Большинство используемых пленок для пакетных технологий имеют толщину от 40 до 100 микрон. Чем толще пленка, тем она жестче и хуже обтягивает субстрат. В таком случае возникают воздушные полости между субстратом и пленкой, где образуются примордии, в последующем погибающие без прорезания пленки. Поэтому так важно плотно набивать субстрат в мешки, о чем говорилось ранее. Более тонкая пленка лучше обтягивает субстрат, легче растягивается. Как полиэтиленовая, так и полипропиленовая пленка слабо пропускает воздух, поэтому их перфорируют или вклеивают микропористый фильтр (для стерильной технологии).

Для кустарного способа может также применяться кольцо, нарезанное из термостойкого шланга, который надевается на мешок, а внутрь кольца вставляется ватная пробка. Характеристика некоторых полимерных пленок дана в табл..

Таблица
Свойства полимерных пленок.

Тип пленки	Показатели (для пленки толщиной 25 мкм)			
	Т плавления	**Проницаемость водяных паров г/м^3 24 часа ***	**Проницаемость кислорода см^3/м^3 24 часа**	**Проницаемость CO_2 см^3/м^3 24 часа**
Полиэтилен низкой плотности (ПЭНП)	95°	15-20	6500-8500	30000-40000
Линейный ПЭНП	118°			
Полиэтилен высокой плотности (ПЭВП)	121°	5	1600-2000	8000-10000
Полипропилен неориентированный (НПП) двуосно - ориентированный (ДОПП)	135-150°	7-20	2000-3700	7500-10000
Поливинилхлорид (ПВХ)	~ 100°	15-40	100-350	0-1000
ЭВА - сополимер этилена и винилового спирта	~ 100°	50-60	11000-14000	40000-50000
Поливинилиденхлорид ПВДХ	120-158°	1,5-5,0	8-25	50
Целлофан MS (двухстороннее свариваемое нитрацеллюлозное покрытие)	>130°	5-15	670 (сухая)	985 (сухая)
Ацетат целлюлозы	>100°	100-320	2000-3000	15500
Полиамид (ПА - 11)	145°	40-80	500	1900
Поликарбонат	>150°	77-93	4500	27000

* при t° +90°С и RH-90%

Пакеты для стерильных технологий.

Для стерильной технологии используют пакеты из термостойкой полипропиленовой пленки или полиэтилена высокой плотности. Увлажненный субстрат фасуют в пакеты и стерилизуют в автоклавах. Полипропиленовые пакеты используют уже более 40 лет. Пакеты бывают двумерными, например, 25х40 см, и трехмерными 25х40х10 см, где 10 см - это "толщина" пакета у основания.

Самый первый патент на пакет для выращивания стерильного мицелия был получен в 1958 году (Франция). Пакет продевался через кольцо, и отверстие затыкали ватно - марлевой пробкой. Такого типа пакеты сейчас широко распространены в Юго-Восточной Азии и применяются для выращивания по стерильной технологии многих видов ксилотрофных грибов.

Сейчас выпускают двух и трехмерные пакеты с микропористыми фильтрами, обеспечивающими газообмен. Особенное внимание надо обращать на целостность мешков и хорошее качество клейки

фильтра. Материал пакета не должен трескаться после стерилизации. Размеры пакетов для стерильной технологии небольшие и рассчитаны на 1-4 кг субстрата. Пакеты *с* кольцом закрывают ватно-марлевой пробкой или ватой. Пакеты с микропористым фильтром заклеивают, но только после обработки и инокуляции. Пакеты заполняют на 1/2-2/3 объема субстратом, закручивают верхнюю часть пакетов, зажимая его прищепками. После стерилизации и охлаждения пакеты открывают в боксе, инокулируют мицелием и заклеивают машинкой или специальным клеем или просто завязывают сверху.

Если имеется устройство для стерилизации субстрата в массе и последующей расфасовки его в пакеты с соблюдением условии стерильности, то тогда возможно использование обычных полиэтиленовых пакетов, которые закрываются через кольцо ватной пробкой.

В случае стерилизации субстрата физическими методами - радиационные гамма установки - также возможно использование обычных п/э пакетов с ватной пробкой. Во всех случаях масса обработанного субстрата не может быть очень большой, так как качество обработки при этом резко снижается.

Любители также могут использовать пакеты для стерильной технологии. Обычно пакеты, пригодные для стерилизации можно отличить по характерному шуршанию пакета, в отличие от мягких полиэтиленовых пакетов, плавящихся при стерилизации. В пакет закладывается наполовину объема субстрат, например зерно. Одевается кольцо с ватным фильтром. И все закладывается в скороварку - автоклав. Но на возвышение, так, чтобы вода не попадала на пакеты. И верхнюю часть пакета заворачивают, чтобы закрыть ватную пробку от попадания туда конденсата воды. Также старайтесь, чтобы пакеты не касались стенок скороварки, где температура выше, что может привести к оплавлению. После охлаждения пакеты могут быть инокулированы либо спорами, либо жидким мицелием с помощью шприца через прокол стенки или ватного фильтра, сверху слегка смоченного спиртом.

Пакеты для нестерильной технологии.

Пакеты для нестерильной технологии делают из полиэтилена. Так как полиэтилен не пропускает воздуха, то пакеты перфорируют. Масса субстрата в пакетах меняется в зависимости от местных традиций: в Юго-Восточной Азии чаще используют небольшие по массе блоки 2-6 кг, в Европе и Америке крупные блоки субстрата 6-30 кг. Пакеты склеивают из пленки или делают из рукава. Небольшие пакеты делают из тонкой пленки 40 - 60 мкрн, более массивные из пленки толщиной 80-120 микрон. Форма пакетов может быть удлиненно-цилиндрической 20-30х70-100 см или кубической 25-35х30-40 см. Диаметр пакетов делают от 20 до 35 см, больший диаметр приведет к перегреву субстрата.

Пакеты, имеющие кубические габариты, удобно ставить на горизонтальный стеллаж, они не нуждаются в подвязке.

Цилиндрические удлиненные пакеты приходится крепить, подвязывая к стеллажным стойкам. При этом надо стараться привязывать так, чтобы не вытягивать верхнюю скрученную часть пакета. Что может привести к образованию воздушного пузыря и образованию в нем примордий, которые затем погибнут.

Если вы растите строфарии, то можно наоборот затем открыть верх пакета и дать возможность грибам расти наверху пакета.

Современные автоматизированные линии приготовления субстрата имеют пресс-аппараты, которые прессуют блоки и оборачивают их тонкой самообжимающейся пленкой толщиной 20 ммкрон. Из таких блоков удобно сооружать самоподдерживающиеся стенки, в которых блоки расположены в 3-4 ярусах.

Параметры некоторых типов блоков приведены в табл.

Таблица
Параметры субстратных блоков

Параметры	Прессованный блок	Мешок кубический	Мешок цилиндрический
Размер	35х45х25 см	диаметр 35х35 см	диаметр 35х60 см
Масса, кг	12,5	15	25
Обьем, л	40	31	58
Плотность-Тп, кг/л	0,31	0,48	0,43
Общая поверхность, м2	0,715	0,38	0,66
Перфорация, диаметр мм	10	15	25
Количество	132	60	44
площадь ( )	4,6	3,0	4,0

Ящики.

Ящики используют либо для заращивания субстратного блока (инкубационные ящики), либо во все время культивации. В первом случае после полного обрастания субстрата. Формируется достаточно плотный блок, который вынимают из ящика и выставляют в помещении плодоношения на стеллажах по отдельности или в виде стенок. Данная технология в любительском грибоводстве на Западе стала известна как ПФ технология. Она требует создания повышенных требований к влажности и чистоты в помещении. Перед закладкой субстрата в ящике устанавливают крест на крест две полосы полиэтиленовой пленки, которыми после прессования закрывают субстрат сверху.

Полиэтилен предотвращает высыхание субстрата и улучшает условия инкубации мицелия (накопление CO_2). Однако небольшой уровень воздухообмена должен быть обязательно. Плодоношение на открытых блоках (без пленки) обычно проходит несколько быстрее, однако урожайность чуть ниже, чем при закрытой системе, так как довольно много сухого вещества субстрата улетает с CO_2. Кроме того, размер плодовых тел на открытой системе меньше, чем при закрытой системе. Зависимость размера грибов и урожая от площади открытой поверхности представлена в табл.

Таблица
Зависимость урожая и размера плодовых тел вешенки от площади открытой поверхности

Открытая поверхность (S)	Урожай (от сырой массы)	Размер грибов (диаметр шляпки, см)
100%	8-12	3-4
5%	22-28	6-10
0,2%	8-10	5-6

При уменьшении площади открытой поверхности грибы растут более крупными и в более массивных сростках. Однако слишком ограниченная открытая поверхность (менее 1%) снижает урожайность и размер грибов

Период инкубации занимает обычно 2-3 недели. При использовании ящиков только для инкубации оборотность тары возрастает существенно. Используют различные по размерам варианты пластиковых ящиков, вмещающие от 6 до 30 кг субстрата. Материал ящика должен достаточно хорошо очищаться, отмываться, пропускать тепло, быть прочным и соответствовать санитарным требованиям

Культивирования в ящиках от инокуляции до окончания плодоношения снижает оборотность тары в 2 - 3 раза по сравнению с "инкубационными" ящиками. Система является достаточно дорогой. Однако с другой стороны удобная пластиковая тара может хорошо вписаться в механизированную или автоматизированную систему. Ящики можно располагать в виде вертикальных самоподдерживающих стенок шириной 30-40 см и высотой до 2 м, плодоносящей с обеих сторон через перфорацию в ящиках.

Недостаток этой системы в необходимости тщательного отмывания ящиков и их дезинфекции, что приводит к быстрому износу пластика ящика и, кроме того, требует больших трудозатрат.

Для небольших любительских целей удобно использование одноразовых тортниц.

Банки и бутыли.

Банки и бутыли используют в качестве многоразовых емкостей при культивировании многих видов ксилотрофных грибов по стерильной технологии. Начало было положено в 70-х годах, когда San Antonio опубликовал метод выращивания съедобных грибов в бутылях. Аналогичная технология была еще раньше разработана в Венгрии в конце 60-х годов. В это же время в Юго-Восточной Азии были разработаны стерильные технологии культивирования таких грибов как Flammulina, Auricularia, Ganoderma, Hypsizigus.

Достоинство стерильной технологии в том, что процесс высоко структурирован и компартментализован. Он легко вписывается во многие автоматизированные системы производства продуктов питания в аналогичной таре.

Банки и бутыли изготавливают из стекла или термостойкого полипропилена. Закрывают тару завинчивающимися крышками с перфорацией, снабженной микропористыми фильтрами. Банки и бутыли заполняют субстратом, хорошо уплотняя его. Сверху оставляют пространство в 1-2 см для размещения мицелия. Для стерильной технологии объем емкостей обычно небольшой и вмещает 1-3 кг субстрата. Диаметр горлышка лучше выбирать среднего размера 40-60 мм. Меньший размер затрудняет инокуляцию, больший - усиливает опасность заражения. Емкости стерилизуют 1,5-2,5 часа при 1,5-2,0 атмосферах в стерилизаторах (автоклавах). После охлаждения в стерильном боксе инокулируют зерновым мицелием или жидким мицелием. Зерновой мицелий раскладывают тонким сплошным слоем сверху - это поверхностная инокуляция. Можно делать в субстрате колышком углубление, вносить мицелии в канал и распределять по поверхности. В последнем случае скорость освоения субстрата увеличивается, также, правда, как и норма расхода посевного мицелия. Такой тип инокуляции возможен только в твердой таре.

В случае поверхностной инокуляции мицелии развивается на верхней поверхности субстрата, формирует сплошной мицелиальный мат, защищающий субстрат от инфекции, и затем медленно растет в глубь. Растущий мицелий ингибирует образование грибов на поверхности пока не произойдет полное освоение субстрата. Грибы возникают на месте наиболее зрелого мицелия, т.е. на верхней поверхности. Боковые стороны и дно плодоносят редко.

Применение жидкого мицелия существенно ускоряет колонизацию субстрата в бутылях и банках. Жидкий мицелий позволяет осуществить высокопроизводительную технологию на автоматизированных линиях. Многочисленные мелкие пеллеты жидкого мицелия распределяются в субстрате и быстро колонизируют его. Бутыли и банки расставляют горизонтально на стеллажах или вертикально в стенках. В Японии по такой технологии выращивают тысячи тонн грибов: фламмулину, гипсицигус и др.

Первой интенсивной технологией выращивания вешенки была стерильная технология, разработанная в Венгрии. Использовали 3-5 л банки из стекла. Для вешенки эта технология оказалась слишком дорогостоящей. Однако в последнее время в связи с использованием термостойких пластиковых бутылей и пакетов, а также сильнообогащенных субстратов появилась возможность получать урожай

на уровне 200% биологической эффективности и даже выше, что может быть уже экономически целесообразным.

Банки и бутыли можно размещать на горизонтальных стгеллажах или укладывать их боком и сооружать из них стенки, плодоносящие с одной или двух сторон.

Интересная особенность банок и бутылей состоит в том, что плодоношение вешенки в них проходит одинаково хорошо как на горизонтальной, так и вертикальной поверхности. В Юго - Восточной Азии используют узкие цилиндрические полипропиленовые пакеты (диаметр 10 -15 см), которые закрывают кольцом с пробкой. Такой пакет напоминает банку или бутыль, но используется один раз. Пакеты плотно фасуют субстратом в специальных прессовочных устройствах. Размещают пакеты также как бутыли горизонтально на стеллажах или вертикально в стенках. Плодоношение происходит через кольцо (диаметр 50-60 мм) таким же образом, как через горлышко бутыли.

Гидротермическая обработка.

Вода имеет очень большую теплоемкость и хорошую теплопроводность, поэтому обработка субстрата в воде весьма эффективна. Возможно несколько вариантов обработки:

(В данной публикации эта часть отсутствует - дорабатывается)

Гидротермическая обработка имеет ряд преимуществ:

1. Не требуется предварительного увлажнения.
2. Возможна точная регулировка параметров (t °, время) обработки.
3. Замачивание способствует вымыванию легкодоступного питания или ингибиторов и, таким образом, повышает селективность субстрата.
4. В горячей воде быстро происходит гидратация спор микроорганизмов и повышается их чувствительность к термообработке.

Недостатки гидротермической обработки:

- **большой расход воды,**
- **большие затраты энергии на разогрев воды,**
- **на некоторых субстратах возможно сильное переувлажнение (хлопковые очесы) или потеря структурных свойств (лузга гречихи),**
- **непригодна для очень больших объемов производства.**

После гидротермической обработки необходимо тщательно контролировать влажность субстрата в процессе выгрузки из бака. Верхние слои субстрата обычно имеют оптимальную влажность (68-75%), нижние слои бывают переувлажненными. В табл. приведены разнообразные варианты гидротермической обработки субстрата.

Таблица. Варианты гидротермической обработки (Россия).
(В данной публикации эта часть отсутствует - дорабатывается)

Данный метод является наиболее предпочтительным для небольших производств, а также любителей, выращивающих экзотические и медицинские виды грибов.

Ксеротермическая обработка.

Ксеротермическая технология приготовления субстрата относится по типу воздействия к жесткой пастеризации: воздушно-сухая солома при атмосферном давлении нагревается паром до 100 °С (простые устройства) или 102-103°С (усложненное оборудование). Впервые эта обработка была проверена после нефтяного кризиса в 1977г. в Венгрии.

Основные характеристики ксеротермической технологии:

1. Короткая экспозиция термообработки. Быстрое охлаждение холодной водой с одновременным увлажнением субстрата. Большая экономия энергии и времени.
2. Первичная инфекция уничтожается, однако эндоспоры бактерий и часть спор конкурентных грибов выживают.
3. Образуется незначительное количество легкодоступных питательных веществ.
4. Эндогенная микробиологическая защита отсутствует, селективность минимальная.
5. Применение экзогенной защиты (фунгициды типа фундазола) достаточно эффективно.
6. Все работы должны проводиться в чистых гигиенических условиях, используют только стерильный мицелий быстрорастущие, конкурентные коммерческие сорта, не чувствительные к бактериальным метаболитам.
7. Богатый субстрат, насыщенный легкоусвояемыми питательными веществами, можно использовать только после микробиологической ферментации, но не после ксеротермической обработки. Питательные добавки в субстрат также нежелательны.
8. Вода для запаривания и охлаждения субстрата должна быть микробиологически чистой. При использовании воздушно-сухого сырья на 1 тонну субстрата добавляют 1,5 - 2,0 тонны воды. Внесение в субстрат 0,01% фундазола обеспечивает защиту от конкурентных плесеней.
9. Масса субстратного блока не должна превышать 25 кг, а плотность субстрата должна находиться в пределах 0,35-0,50 кг/л.

Другие методы обработки субстрата.

Химические методы.

Если субстрат не обрабатывать термически (стерилизовать или пастеризовать), на нем появляется множество конкурентных микроорганизмов или контаминантов. Это преимущественно различные плесневые грибы из родов Trichoderma, Penicillium, Mucor, Sclerotium или сорные высшие грибы-навозники рода Coprinus. Контроль конкурентной микрофлоры возможен не только методами термической обработки, но и применением ряда химических препаратов. Рассмотрим отдельные примеры химической обработки.

Обработка негашеной известью.

Негашеная известь (CaO) очень щелочной препарат, она растворяется в воде (гасится), образуя гашеную известь $Ca(OH)_2$. При погружении соломы в ванну с раствором $Ca(OH)_2$ вся микрофлора в вегетативной стадии инактивируется. Обработка очень простая. Раствор извести должен быть в пределах 0,5-1,0%, pH раствора составляет 9,5-10,0. Солому настаивают в этом щелочном растворе в течение ночи. Затем раствор сливают. Однако надо помнить, что он токсичен для растений. Солома после стекания раствора имеет pH 8,5. Мицелий вешенки значительно устойчивее к щелочной среде, чем конкурентные организмы (триходерма). Через 3-4 дня инкубации pH постепенно снижается, так как мицелий выделяет органические кислоты в процессе роста. Через 1 неделю после инокуляции солома полностью колонизируется мицелием. Если солома слишком щелочная, можно сделать еще одну промывку водой.

Обработка гипохлоритом натрия.

Солому погружают в 5% раствор гипохлорита натрия (хлорка). Время обработки не менее 4 часов и не более 12 часов. После слива раствора и доведения соломы до нужной влажности (подсушивание) проводят инокуляцию. Известно, что гипохлорит натрия лучше работает в щелочной среде, поэтому возможно улучшение обработки при добавлении некоторого количества извести до pH ~ 8-8,5.

Обработка детергентами.

Используются различные варианты детергентов. Солома погружается в раствор детергента и отмывается с поверхности от загрязнений минеральных и органических. Воздействие детергента двоякое:

- подготавливается поверхность соломы для ферментативного гидролиза,
- смываются загрязнения и инфекционные споры.

После обработки детергентами (стиральные порошки один из вариантов) субстрат надо хорошо промыть избытком воды.

Обработка фунгицидами.

Мицелий вешенки в определенных концентрациях фунгицидов проявляет устойчивость к ним или толерантность, в то же время рост мицелия конкурентных плесеней полностью останавливается. За счет этой особенности, возможно, применять фунгициды для контроля конкурентных плесневых грибов.

1. Карбоксин (витавакс) - субстрат замачивают 18 часов в растворе, содержащем 5 ppm препарата. Карбоксин на 2-3 дня задерживает образование спорофор (примордиев или зачатков) вешенки, но не влияет на урожайность отрицательно.
2. Карбендазим (БМК, БАВИСТИН). Субстрат погружают в раствор, содержащий 25 ppm препарата на 16 часов.
3. Беномил (фундазол, бенлат). Субстрат замачивают в растворе, содержащем 25-50 ppm препарата на 16 часов.

Все названные препараты плохо растворимы в воде и для их равномерного распределения в субстрате необходимо предварительно суспендировать препараты в большом объеме воды. В некоторых случаях производят специально растворимую в воде форму препарата. Например, беномил после реакции с циклодекстринами (циклические формы крахмала) становится водорастворимым и его эффективность повышается почти на порядок (в 5-10 раз).

Мы лично резко отрицательно относимся к таким методам. Во первых, нет достаточных данных о безопасности применения таких средств для человека. Во вторых, рано или поздно конкурентная микрофлора адаптируется к фунгицидам, и после этого, справиться с ней будет очень трудно. А также ослабляется генетика мицелия и способность его сопротивляемости к конкурентам.

При работе с небольшими объемами можно в исключительных случаях (малое количество инокулянта, или его загрязнение) воспользоваться антибиотиками, которые не спасают от конкурентов, но защищают от бактериального заражения. Можно использовать 2% гентамицин. Его можно добавлять непосредственно во время споровой прививки - 1 - 2 мл. на 10 мл споровой жидкости. Или во время подготовки субстрата (стерилизации зерна). Антибиотик во время стерилизации потом разрушается. Единственное исключение - гентамицин. Он частично сохраняет свою активность и после стерилизации.

Обработка формалином или формальдегидом.

Субстрат замачивают в растворе, содержащем 500-800 ppm формальдегида в течение 16 часов. После обработки субстрат дезактивируют раствором щелочи NaOH или $Ca(OH)_2$ или горячим воздухом для отгонки паров Формальдегида.

Обработка жидким аммиаком.

Субстрат замачивают в растворе, содержащем 1000 ppm аммиака (NH_4OH) в течение 18 часов. Затем субстрат нейтрализуют раствором кислоты (уксусной, лимонной, соляной) или обрабатывают горячим воздухом для отгонки паров аммиака.

Фумигация этилформатом.

Если есть хорошо изолированная камеры можно проводить фумигацию субстрата этилформатом в течение 24 часов. Концентрация препарата - 600 мг/л воздуха. Этот фумигант сам по себе нетоксичен и по его реакции с водой (когда субстрат замачивают) гидролизуется с образованием этилового спирта и муравьиной кислоты.

Возможны и другие варианты применения химических препаратов. Часто делают совместное применение препаратов, например формальдегид и карбендазим. Сравнительный анализ применения различных препаратов дан в табл.

В заключение следует сказать, что на практике более надежные результаты получают при совмещении термической обработки с применением химических препаратов (фунгицидов, извести и т.д.).

Обработка перекисью водорода.

10 мл 3% перекиси водорода добавляют к 1 литру агаровой жидкости перед термической обработкой. Также добавляется 3% раствор перекиси в воду при варке зерна, при подготовке мицелия. Перекись разрушается при нагревании на безвредные воду и кислород.

Таблица
Сравнительный анализ различных методов обработки

Препарат	Обработка	Условия	Остатки
Карбоксин	Замачивание 18 час в растворе 5 ppm	Не требует специального оборудования	нет
Этилформат	Фумигация 24 часа 600 мг/л, затем горячий воздух 60 ° 4-5 часов	фумигационная камера с хорошей изоляцией	нет
Жидкий аммоний	Замачивание в растворе 1 000 ppm, затем обработка фосфорной кислотой (а) или горчим воздухом (б)	Трудоемко	нет
Формальдегид	Замачивание в растворе 800 ppm, затем обработка горячим воздухом	Трудоемко	нет
Горячая вода	Замачивание при 60° - 10 минут	Не требуется	нет

Физические методы.

Физические методы стерилизации с использованием различных типов облучения нашли широкое применение для обработки медицинских материалов и продуктов питания. Обработка занимает мало времени, но установки для такой физической обработки весьма дорогостоящи.

В России на одной из таких установок стерилизуют субстрат для выращивания мицелия вешенки. Субстрат можно обрабатывать в любой упаковке: обычные полиэтиленовые пакеты, п/э бутылки, стеклянные бутылки и банки и т.п. Производительность установки довольно большая и вполне может обеспечивать работу лаборатории мицелия средней мощности (до 100 тонн/год) или производства грибов вешенки по стерильной технологии.

Применение физических методов стерилизации пока еще не получило распространения в грибоводстве, однако это направление достаточно перспективно.

Биологические методы.

Биологические методы основаны на применении различных биологических препаратов: термофильных бактерии, дрожжей, естественной мезофильной микрофлоры.

1) Препараты термофильных микроорганизмов.

В Венгрии впервые начали производить препараты термофильных бактерии, выращивая их в ферментерах. Препараты производили на основе смешанной дикой популяции термофильных бактерий или отдельных изолированных видов (Bacillus subtilus). Субстрат пастеризовали и ферментировали с этими препаратами. На чистом, малоинфицированном субстрате микробный препарат давал отличный результат даже без пастеризации.

2) Естественная мезофильная микрофлора.

Субстрат (солома с добавкой 5-10% сена бобовых) в течение 3-4 суток ферментируется при комнатной температуре в воде. По окончании ферментации воду сливают и солому инокулируют. В субстрате накапливаются биологически активные вещества. При такой ферментации субстрат выделяет очень неприятный запах, который исчезает только через несколько дней после инокуляции.

3) Пивные дрожжи.

Пивные дрожжи разводят в воде с 2-3% свекловичного сахара. Ферментируют 2-3 дня при 24°С. Соломенную сечку загружают в дрожжевой бульон на 24-48 часов. Дрожжи продуцируют биологически активные вещества, антибиотики, спирт и в процессе роста потребляют легкодоступные вещества субстрата. После слива воды солому инокулируют.

4) Анаэробная ферментация с фунгицидом.

Субстрат (солома, стебли гороха, трава бобовых) загружают в бак с раствором фунгицидов (карбендазим-25 ppm, 6енлат - 50-100 ppm). Субстрат ферментируют при невысокой температуре (15-20 °С) в течение 10-12 дней. Затем воду сливают и субстрат инокулируют. Фунгициды тормозят развитие конкурентной грибной микрофлоры, но не действуют на бактериальную микрофлору.

5) Бактериальные препараты.

В аптеках продают лиофилизированные бактериальные препараты "Биоспорин" бактерий рода Bacillus. Эти препараты при внесении в небольших дозировках в субстрат во время замачивания обеспечивают неплохой защитный эффект. В России производят довольно много различных бактериальных препаратов, некоторые из них могут быть применены для целей создания микробиологической защиты субстрата от развития конкурентных плесеней.

Среди рассмотренных методов наиболее эффективным следует признать применение препаратов термофильных бактерий, особенно если оно сочетается с предварительной термообработкой субстрата.

Рассмотрим подробно отдельные варианты пастеризации.

Обработка увлажненного субстрата или классическая пастеризация

Субстрат увлажняют до уровня 65-72% влажности и обрабатывают паром при температуре 60-100оС. Длительность пастеризации зависит от температуры обработки и от типа субстрата. **При высокой температуре время термообработки небольшое (1-3 часа), при понижении температуры обработки экспозиция удлиняется до 8-12 часов при 70-80°С и 16-24 часов при 60-65°С** (рис). Для обеспечения нормального развития мицелия вешенки древесный субстрат пастеризуют в 2-3 раза дольше, чем соломистый или другой быстроразлагаемый субстрат (рис.). Оптимальное время пастеризации для каждого типа субстрата существенно различается. Для соломистого субстрата это

24-48 часов при 6О°, а для древесных опилок 96-120 часов (рис.). Такие различия обусловлены как особенностями химического состава субстрата, так и его физическими свойствами.

Рисунок. Длительность пастеризации (часы) при различной температуре обработки

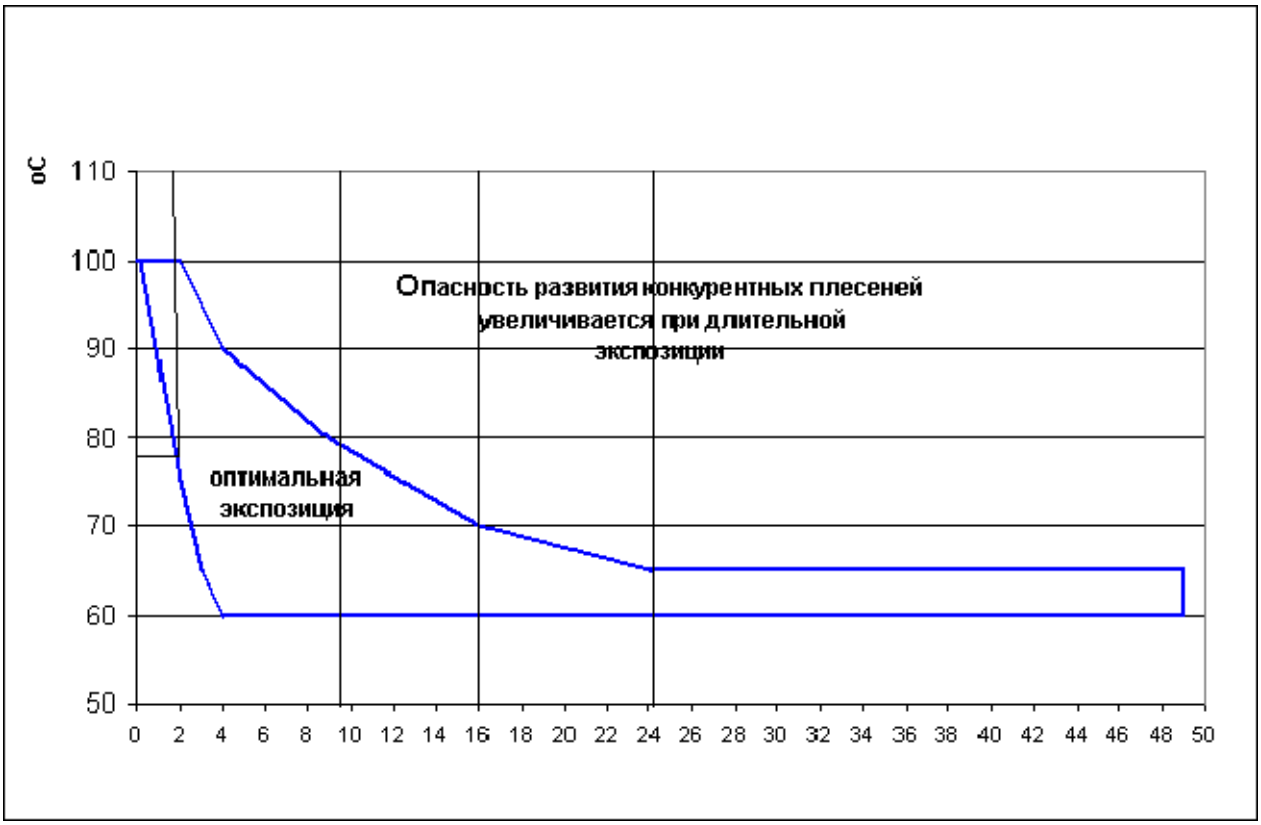

оС
110
100
90
80
70
60
50
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50
Опасность развития конкурентных плесеней увеличивается при длительной экспозиции
оптимальная экспозиция

Рисунок. Рост мицелия вешенки на различных субстратах в зависимости от продолжительности термообработки.

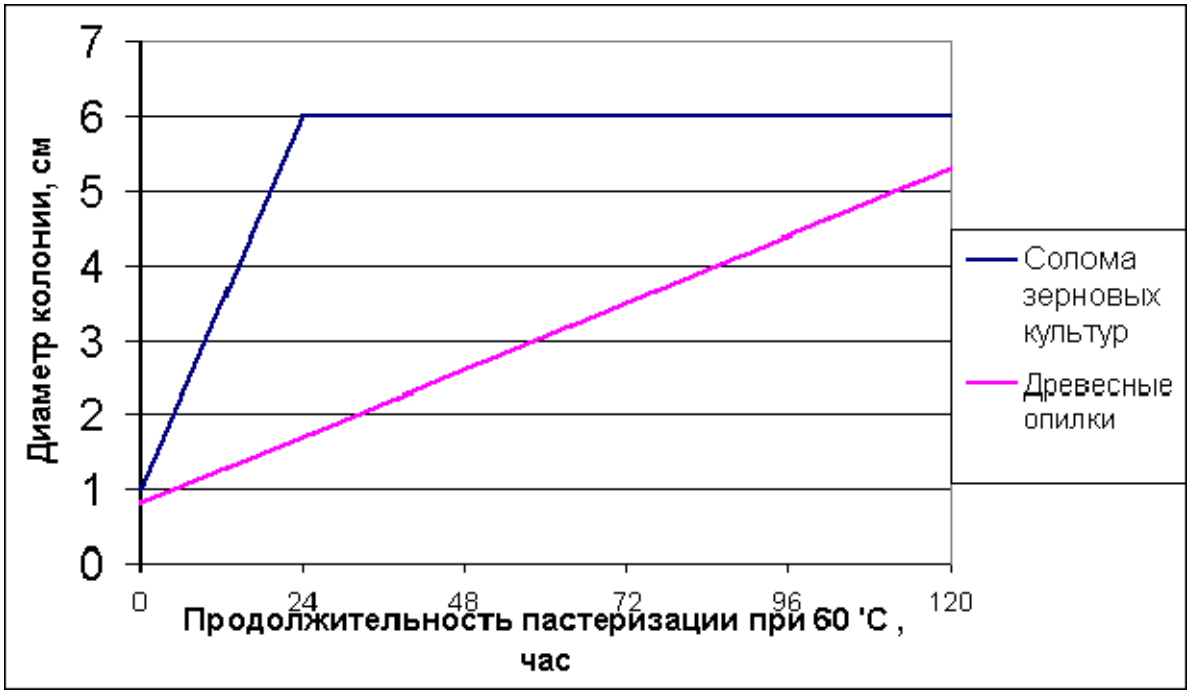
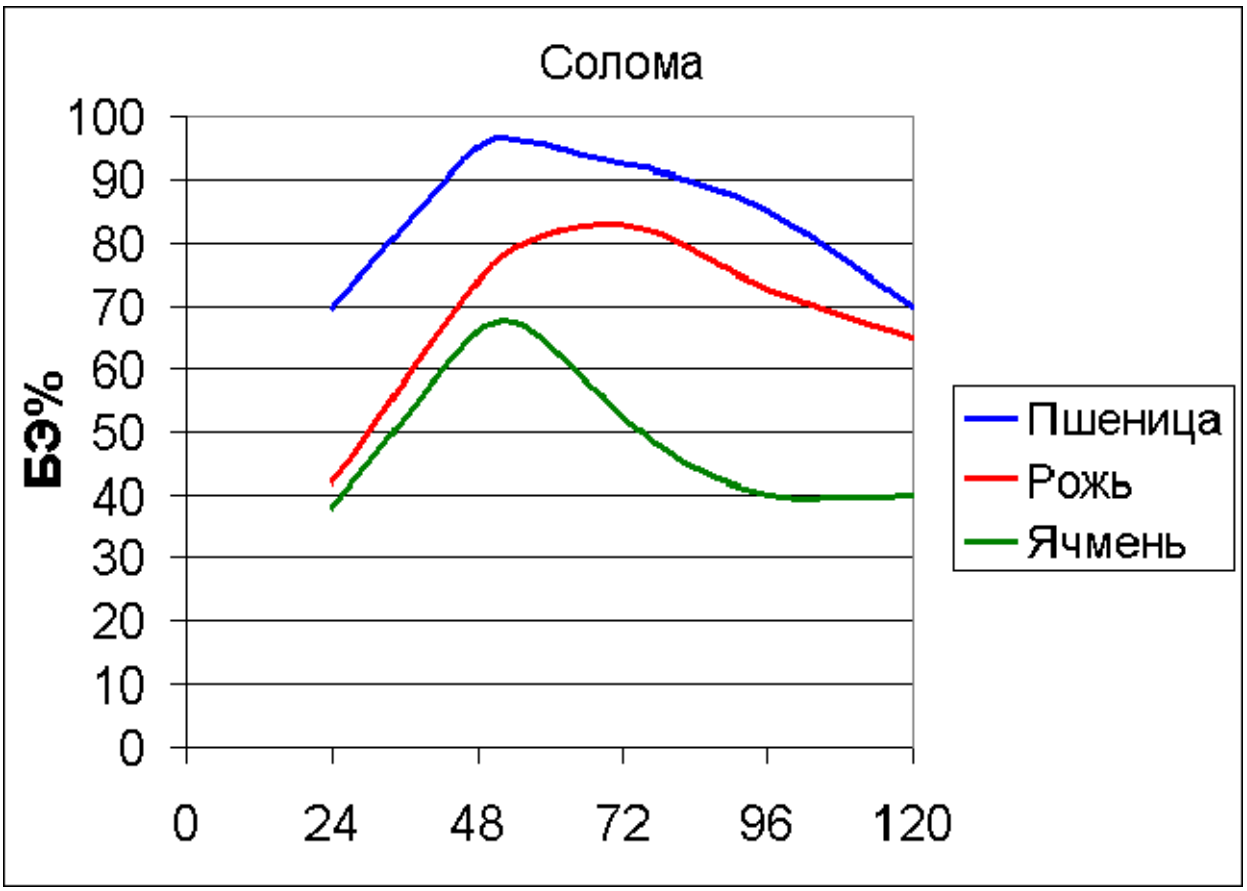

Диаметр колонии, см
0 1 2 3 4 5 6 7
0 24 48 72 96 120
Продолжительность пастеризации при 60 'С , час
Солома зерновых культур
Древесные опилки

Рисунок. Влияние продолжительности (часы) пастеризации (+60оС) субстрата на урожайность вешенки. (в данной публикации не приведен)



БЭ% - выход грибов по отношению к сухой массе субстрата, %

Различают несколько уровней пастеризации субстрата:

1. Жесткая пастеризация при температуре 90-100°С.
2. Умеренная пастеризация при температуре 70-80°С.
3. Мягкая пастеризация при температуре 60-65°С.

Жесткая пастеризация при длительной экспозиции не только пастеризует субстрат (уничтожение вегетативных форм микроорганизмов), но и стерилизует его (уничтожение спор микроорганизмов, в том числе и полезных). Стерильный субстрат полностью теряет селективность и представляет собой открытую нишу для любых конкурентных организмов. В нестерильных условиях такой субстрат мгновенно заселяется конкурентными плесенями. Поэтому жесткую пастеризацию проводят в течение короткого периода от 1 до 4 часов, чтобы сохранить споры полезных термофильных бактерии и минимальный уровень селективности.

Умеренная пастеризация редко приводит к стерилизации субстрата даже при длительном экспозиции (16-20 часов), однако такой режим будет способствовать развитию конкурентных плесеней за счет образования легкодоступных растворимых сахаров при термическом гидролизе. **Умеренная пастеризация дает удовлетворительные результаты при экспозиции 6-16 часов**.

Селективность субстрата после жесткой и умеренной пастеризации сохраняется на низком уровне, поэтому при фасовке и инокуляции субстрата следует соблюдать максимальную чистоту в помещении, дезинфицировать оборудование, инструменты и материалы.
Характеристика процессов, происходящих при жесткой и умеренной пастеризации дана в табл..

Мягкая пастеризация является пастеризацией по отношению к конкурентной микрофлоре (погибают все вредители и вегетативные формы микроорганизмов, а также споры многих видов конкурентных грибов) и, в то же время, **ферментацией по отношению к термофильным бактериям** (Bacillus spp.), которые при достаточно длительной экспозиции размножаются до уровня, обеспечивающего высокую селективность субстрата. Термофильные бактерии потребляют

образующиеся в субстрате легкодоступные формы соединений углерода и азота и, кроме того, образуют соединения тормозящие рост конкурентной микрофлоры. **Мягкая пастеризация дает хороший эффект при длительной экспозиции (от 16 до 48 часов). Иногда после мягкой пастеризации проводят дополнительно ферментацию субстрата при температуре 45-55°С (оптимальный режим для размножения термофильных бактерий) в течение 24-48 часов**. Ферментация в еще большей степени усиливает селективность субстрата и обеспечивает **надежную микробиологическую защиту** от конкурентных плесневых грибов. Термический профиль мягкой пастеризации с дополнительной ферментацией показан на рис., а характеристика процесса мягкой пастеризации в табл..

Рисунок (в данной публикации не приведен)

Таблица
Характеристика умеренной и жесткой пастеризации.

Показатели	Характеристика
Режим работы	90 - 100°С - 1-4 часа 70-100°С - 4-12 часов
Термический гидролиз	Выраженный, образуются растворимые сахара, Происходит делигнификация субстрата

Термическая обработка субстрата должна обеспечить достижение двух целей:

1. Уничтожение вредителей и конкурентной микрофлоры.

2. Создание селективных условий, благоприятных для развития мицелия вешенки и неблагоприятных для его конкурентов.

Длительная мягкая пастеризация в наибольшей степени обеспечивает выполнение этих задач. Конечно, можно провести кратковременную мягкую пастеризацию (60-68°С в течение 4-10 часов), но при этом мы достигаем только одной цели - уничтожение конкурентов. Чтобы повысить селективность субстрата, необходимо увеличить время обработки, как минимум, до 20-24 часов.

Таблица
Характеристика умеренной и жесткой пастеризации.

Показатели	Характеристика
Режим работы	90 – 100оС – 1-4 часа70-10оС - 4-12 часов
Термический гидролиз	Выраженный, образуются растворимые сахара,Происходит делигнификация субстрата
Микрофлора	Погибают все вегетативные формы, выживают спорынекоторых видов грибов и бактерий
Селективность	Сохраняется на низком уровне при умеренной экспозиции
Экзогенная защита	Применение фундазола (50-100 ppm) дает эффект
Мицелий	Стерильный или перетаренный.Условия инокуляции по возможности чистые.

Таблица
Характеристика мягкой пастеризации.

Показатели	Характеристика
	60-65оС – 16-48 часов

Режим обработки	
Термический гидролиз	Происходит делигнификация субстрата, образуются растворимые сахара, которые затем утилизируются микрофлорой, (исчезают через 16-24 часа)
Микрофлора	Погибают вегетативные формы и споры многих грибов.Выживают и накапливаются термофильные бактерии.
Селективность	Сохраняется и возрастает по мере размножениятермофильных бактерий.
Экзогенная защита	Применение фундазола дает эффект, в случае кратковременной экспозиции (пастеризация менее 16 часов).
Мицелий	Стерильный или перетаренный.Условия инокуляции достаточно чистые.

Различные режимы пастеризации вызывают определенные изменения химического состава и микрофлоры субстрата (рис.). Численность конкурентной микрофлоры быстро снижается при жесткой пастеризации и достаточно медленно при мягкой.

Рисунок (в данной публикации не приведен)

Влияние различных уровней пастеризации на химический состав и микрофлору субстратов.

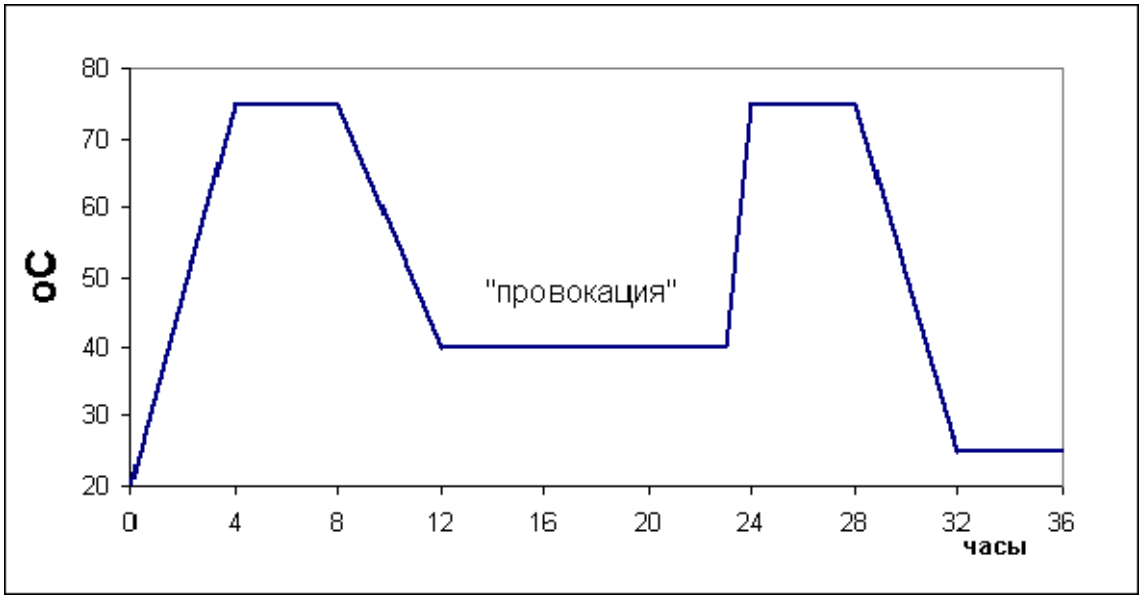
а) Изменение численности конкурентной микрофлоры
б) Изменение численности полезной термофильной микрофлоры
в) Образование легкодоступных растворимых сахаров
г) Делигнификация лигноцеллюлозного комплекса субстрата

Обозначения:
А - мягкая 60-65оС; Б – умеренная 70-80оС; В – жесткая 90-100оС.

Накопление полезной бактериальной термофильной микрофлоры происходит только при мягкой пастеризации, умеренная пастеризация сохраняет исходный уровень микрофлоры, а жесткая при длительной экспозиции может привести к полной гибели термофилов и, соответственно, стерилизации субстрата. Образование легкодоступных сахаров происходит при всех режимах пастеризации, однако, при легкой пастеризации по мере развития полезной микрофлоры сахара утилизируются бактериями вплоть до полного исчезновения. Делигнификация происходит при всех термических режимах, но особенно выражена при высокотемпературной обработке. Делигнификация делает субстрат более доступным для ферментативного гидролиза и потребления мицелием, а также и некоторыми конкретными плесенями, способными разрушать целлюлозу, например, триходермой.

Дробная пастеризация применяется в случае сильно инфицированного субстрата при высокой термической устойчивости спор конкурентной микрофлоры. В первый раз пастеризация обеспечивает гибель всех вредителей и вегетативных форм микроорганизмов. Погибает также часть термочувствительных спор, а у термоустойчивых форм стимулируется прорастание и переход в чувствительную вегетативную стадию. После обработки субстрат оставляют остывать на ночь или на сутки (16-24 часа) и затем повторяют пастеризацию. Во время второй обработки погибают большинство термостойких спор. Дробная пастеризация дает хорошие результаты по обеззараживанию субстрата от конкурентных организмов, при этом время каждой обработки можно сократить до 4-8 часов (рис.). Лучше всего между обработками поддерживать температуру субстрата от 30 до 45оС – это провоцирует прорастание спор конкурентных плесеней.

Рисунок
Дробная пастеризация.



4	4	16 - 24	4	4

Ферментация.

Ферментация субстрата при температуре 45-55о С и подаче воздуха создает хорошие условия для размножения полезной аэробной термофильной микрофлоры преимущественно бактерий рода Bacillus. В процессе ферментации обитающие на субстрате виды термофильных и термотолерантных бактерий быстро увеличивается численность популяции (в 100-300 тысяч раз за **24 часа**). Бактерии питаются легкоусвояемыми сахарами и азотистыми веществами и, таким образом, лишают питания конкурентных плесеней. Бактерии также продуцируют антибиотические вещества, препятствующие росту плесеней, но не действующие на мицелий. При недостатке кислорода (если во время ферментации не проводится активная вентиляция субстрата) полезная микрофлора развивается существенно медленнее. Увеличение численности бактерий в 1000-5000 раз не создает достаточного уровня селективности, доступные углеводы утилизируются не полностью, и вероятность развития конкурентных плесеней остается высокой. Кроме того, при недостатке кислорода pH субстрата может сильно сместиться в кислую сторону, что также благоприятствует развитию плесеней. Субстрат, прошедший правильную пастеризацию и ферментацию, в течение 2-3 недель свободен от конкурентной микрофлоры. За это время субстрат успевает полностью обрасти мицелием и, соответственно, получает мощную защиту от конкурентов за счет антибиотических выделений самого мицелия. Ферментация не может заменить пастеризации, т.к. при температуре 45- 55°С большая часть спор конкурентных организмов сохраняется, кроме того, при этом режиме выживают многие вредители. С другой стороны, если субстрат относительно мало инфицирован, то хорошая ферментация обеспечивает надежную защиту от конкурентов. Мягкая пастеризация с последующей ферментацией во многих случаях дает существенное повышение урожая, по сравнению с вариантом пастеризации (табл.).

Таблица (в данной публикации не приведена)
Урожайность вешенки при различных способах обработки субстрата (кг/тонну субстрата) (Польша, 1998).

Характеристика процесса ферментации дана в табл..

Таблица
Характеристика ферментации

Показатели	Характеристика
Режим	45-55оС в течение 24-72 часов.Желательно поддерживать аэробные условия.

Термический гидролиз	Слабо выражен, накопления легкодоступных веществ не происходит.
Микрофлора	Накапливается полезная термофильная микрофлора,за 24 часа увеличение популяции в 100-300 тысяч раз.
Селективность	Выраженная, усиливается с увеличением количества термофильных бактерий.
Экзогенная защита	Не нужна. Внутренняя микробиологическая защита от конкурентов очень сильная.
Мицелий	В любой форме. Условия инокуляции достаточно чистые.

Ферментация полуанаэробная (мягкая пастеризация с ферментацией).

Субстрат (лузга подсолнечника) загружают в металлический контейнер 2-3м3. Заливают водой для увлажнения. Воду подогревают до 60оС, затем сливают (подогревают паром или ТЭНами). Выдерживают субстрат при 60оС 8-12 часов (пастеризация) и оставляют остывать до 42-45°С, затем немного поднимают температуру (до 50°) и ферментируют 24 часа. Влажность субстрата во время обработки около 80%, что облегчает размножение термофильных бактерии в небольшом слое свободной, несвязанной воды. Охлаждение субстрата водой не рекомендуется, так как при этом вымывается полезная микрофлора и питательные вещества.

Другой вариант ферментации - нагрев субстрата до 55° и выдерживание в таком режиме 48-60 часов. Во всех случаях в субстрате создается хороший защитный фон из термофильных бактерий. Добавление в новую порцию субстрата 5-10% ферментированного субстрата существенно ускорит процесс размножения полезной микрофлоры.

Потери массы субстрата при описанных режимах составляют 10-15% от начального уровня. Субстрат включает несколько компонентов: лузга подсолнечника, отруби зерновых культур, минеральная добавка (мел). Композиция субстрата при ферментации может быть достаточно богата азотом и сахарами. Термофильные бактерии достаточно быстро потребят эти соединения и, таким образом, оставят конкурентную микрофлору без легкодоступного питания. На ферментированном субстрате зарастание и плодоношение наступают на несколько дней раньше, чем на просто пастеризованном. Следует однако избегать переферментации, то есть слишком длительной экспозиции субстрата. Избыток бактерий может затормозить развитие вешенки. Субстрат может потерять структурные свойства. В результате ее естественной сукцессии могут размножиться другие виды бактерии, менее полезные для роста мицелия.

Ферментация полуанаэробная (водная).

Субстрат (лузга подсолнечника, очесы хлопка, какавелла) загружают в бак объемом 2-3 м3. В баке устроено ложное сетчатое днище, под которым расположены ТЭНы. В бак заливают воду так, чтобы весь субстрат был погружен под воду. Воду нагревают до 55-60о С. Термодатчик поддерживает постоянную температуру, отключая ТЭНы при достижении 60°С и включая их при достижении 55°С. Ферментация длится 48 часов. Охлаждение идет пассивно в течение 24 часов. Окончательно субстрат охлаждается порциями на рабочих столах для фасовки. При длительной ферментации в воду можно добавлять немного мочевины (0,1%), если в субстрате мало азота. Мочевина потребляется микроорганизмами и, таким образом, переходит в белковый азот, который для грибов является лучшим источником азота.

Энергозатраты для описанного режима достаточно небольшие, особенно для варианта с утепленным металлическим баком. Длительное пребывание в воде может привести в некоторых композициях субстрата либо к потере структурных свойств (недостаточная аэрация и слишком высокая плотность) либо к переувлажнению (влажность свыше 75%).

Если оставлять часть субстрата в качестве «закваски» термофильных бактерий для следующей новой порции, то можно существенно сократить время ферментации или увеличить количество термофильных бактерий и, соответственно, уровень микробиологической защиты.

Растворимость кислорода в воде очень небольшая, тем более при высокой температуре (60°). Поэтому ферментацию в горячей воде можно отнести к анаэробной. Как показывает практический опыт, анаэробная ферментация создает хороший уровень селективности субстрата.

За 48 часов ферментации в воде при 55-60° погибают все вредители и вегетативные формы микроорганизмов, кроме термофильных бактерии.

Оборудование для пастеризации.

Пастеризацию субстрата можно производить в емкостях (ящики, мешки, контейнеры), специальных ящиках, куда подается пар. Особенность обработки в емкостях состоит в том, что между температурой воздуха камеры и субстрата существует большая разница за счет теплоизолирующего эффекта материала емкости. Воздух или воздушно-паровая смесь не могут свободно проходить через субстрат и, поэтому выравнивание температуры воздуха и субстрата происходит слишком медленно. Если использовать такой вариант обработки, лучше выбирать длительную экспозицию при низкой температуре, например, 60-65°С в течение 24-48 часов. Пастеризационная камера должна быть хорошо теплоизолирована и иметь влаго- и паростойкую отделку. После пастеризации и охлаждения субстрат инокулируют и фасуют в п/э мешки с перфорацией.

Таблица
Варианты пастеризации субстрата (Россия) Контейнеры

Субстрат	Режим обработки	Примечания
Хлопковый очес, солома,бумага-картон	90-95°С 4-6 часов	Субстрат загружают в бак (1,2м3), заливают горячейводой на ночь, сливают. Затем пропаривают. Охлаждение на рабочих металлических столах.
Лузга, хлопковый очес, какавелла	70°С 8 часов	Субстрат загружают в бак (2,5 м3). Пар подается черезперфорированные вертикальные трубы. Охлаждениечерез вертикальные трубы воздухом. Субстратпорциями выгружают на рабочие столы.
Солома	70°С 6-10 часов	Солому загружают в ж/д контейнер. Увлажняют горячейводой, циркуляцией. После пропарки выгружают шнекомв "чистую зону" для инокуляции и фасовки.Контейнер вмещает 5-7т субстрата.
Солома, опилки, отруби	70°С 24-48 часов	Субстрат загружают в ванну 5 м3, заливают водой на ночь, сливают воду и пропаривают. Охлаждают холодной водой.
Хлопковые очесы, какавелла, кунжут	60-70°С 14-16 часов	Субстрат загружают в ванну 6 м3, проливают послойноводой. Пропаривают 8 часов, затем 8 часов медленноеостывание до 60оС. Охлаждают порциями на рабочих столах.

Пастеризация.

По достижении необходимой температуры начинается процесс пастеризации. Для шампиньонного компоста режим пастеризации достаточно строго ограничен: 6 – 10 часов при 58 - 60 градусов. Превышение температуры до 62 – 63оС допускается на период не более одного часа. Это обусловлено составом микрофлоры шампиньонного компоста, которая развивается на предварительной, достаточно длительной фазе неконтролируемой ферментации. Субстрат для вешенки перед загрузкой замачивают в течение одного – трех дней, а затем сразу пастеризуют. Полезная термофильная

микрофлора развивается только в процессе «длительной» мягкой пастеризации при 60 - 65оС в течении 24-48 часов. Поэтому пастеризация субстрата для вешенки в тоннелях проводится при различных режимах: 60 – 65оС или 70-80оС. Основная задача пастеризации – уничтожить в субстрате конкурентные организмы, сохранив определенную селективность субстрата.

Во время пастеризации, особенно «мягкой» (60-65оС), когда происходит развитие термофильных бактерий, подача свежего воздуха необходимо для дыхания аэробной микрофлоры. Объем подачи свежего воздуха составляет 5-10% от общего объема рециркуляции или 10 – 20 м3/час на 1 тонну субстрата.

Описание технологии:

1 Субстрат на основе соломы ячменя, пшеницы или ржи.
2 Добавки - 10% сена бобовых трав, как источник азота и термофильных бактерий.
3 Солому измельчают и сечку увлажняют до 75%.
4 Загружают предварительную камеру хранения соломы (на 1 сутки).
5 Загружают тоннель пастеризации (50 тонн субстрата). Вентилятор мощностью 200 м3/час на тонну субстрата. Давление воздуха до 150 мм водного столба.
6 Пастеризация управляется компьютером. Имеется 6 датчиков температуры (3 воздух, 3 субстрат). Направление процесса - увеличение количества защитных термофильных бактерий сначала облигатных термофилов (65°С), затем термотолерантных бактерий (45°С).
7 Тоннель проходного типа. Загрузка в грязной зоне, выгрузка в чистой зоне. Субстрат вытягивается на сетке специальной машиной. Субстрат инокулируется посевным мицелием (1,5-2,0% по весу) и фасуется в п/э мешки высокопроизводительной линией (до 100 тонн субстрата в смену).

Пастеризация соломы по рекомендации фирмы Somycel.

Солома измельчается и увлажняется на площадке. Затем субстрат загружают в тоннель и пастеризуют сначала при 70-75°С для того, чтобы убить всех паразитов, далее температуру снижают и проводят ферментацию при 45-55°С в течение 36 часов с целью накопления полезной термофильной микрофлоры. Термический профиль пастеризации показан на рис.

0-5	20-50	100	Вентиляция свежим воздухом
100-95	50-80	0	Рециркуляция

А теперь мы разберем наиболее употребительный способ обработки субстрата. А также, по нашему мнению, наиболее простой и эффективный.